~~Phys. gen. 434~~
Phys. g. 5. 12

Physica. Systemata & methodi 191.

R

Ph. 2322. a.

George Adams
mathematiſchen Inſtrumentmachers Sr. Maj. und Optikus
Sr. Königl. Hoheit des Prinzen von Wales

Vorleſungen
über die
Experimental-Phyſik
nach ihrem gegenwärtigen Zuſtande
in
unterhaltenden und faßlichen Erklärungen
der
vornehmſten Erſcheinungen in der Natur.

Aus dem Engliſchen
mit einigen Anmerkungen überſetzt
von
J. G. Geißler
Mitgliede der naturforſchenden Geſellſchaft
in Halle.

Zweiter Theil.

Leipzig, 1799
bei Siegfried Lebrecht Cruſius.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Dem

Herrn Kaufmann

G. A. R — z

ergebenſt gewidmet.

Bayerische
Staatsbibliothek
MÜNCHEN

Inhalt des zweiten Theils.

Zwölfte Vorleſung. Seite 1

Von der Natur und den Eigenſchaften des Waſſers.
Von der Zuſammenſetzung und Zerſetzung des Waſſers.
Von dem Waſſer im flüſſigen Zuſtande.
Gegenwart des Waſſers in der Atmoſphäre.
Vom Waſſer in der Miſchung und Verbindung mit Körpern.
Von dem Urſprunge der Quelleu und Flüſſe.
Von der Salzigkeit der See.

Dreizehnte Vorleſung. 38

Vom Waſſer im Zuſtande als Eis.
Von der Erzeugung des Eiſes.
Von der Erzeugung eines großen Grads von Kälte.
Auszug aus Herrn de Lüc's allgemeiner Ueberſicht der Chemie; aus den Betrachtungen über die Verwandlung des Eiſes in Waſſer, und des Waſſers in Eis hergeleitet.
Vom Waſſer im Zuſtande als Dampf.
Herrn de Lüc's Gedanken über die Geſetze der Ausdünſtung u. ſ. f.
Vom blaſenartigen und dichten Dampfe.
Von mineraliſchen Waſſern.

Vierzehnte Vorleſung. Seite 112

Von der Art, wie man in der Phyſik philoſophiren muß.

Funfzehnte Vorleſung. 157

Von der Optik.
Erklärungen.
Von den allgemeinen Grundſätzen des optiſchen Beweiſes.
Von der Refraktion.
Von der Stärke und Intenſität des Lichts.
Von den Bildern und den Brennpunkten.
Von der Refraktion auf einer ebenen Fläche.
Von der Refraktion auf einer konvexen Fläche.
Von der Refraktion auf einer konkaven Fläche.
Von Glaslinſen.
Von Brenngläſern.
Von der ſcieptriſchen Kugel.
Von der Zauberlaterne.
Fernere Bemerkungen über konvexe Linſen.
Von konkaven Gläſern.
Aufſuchung der Fokallänge der Linſen.
Von der Helligkeit und Deutlichkeit eines Bildes.
Allgemeine Ueberſicht der Erſcheinungen der Linſen.

Sechzehnte Vorleſung. 251

Von der Katoptrik,
Von Planſpiegeln.
Von Konvexſpiegeln.
Aufſuchung der Fokallänge der Spiegel.
Allgemeine Eigenſchaften der Spiegel.
Von den Bildern, die in einem konkaven Spiegel geſehen werden.
Von dem Sehen vermittelſt eines konvexen Spiegels.
Von dem Sehen vermittelſt eines Planſpiegels.

Siebenzehnte Vorleſung. 294

Von der Natur des Sehens.
Beſchreibung des Auges.
Von der Figur, die das Auge vorſtellt.

Von dem Sehen.
Von dem künſtlichen Auge.
Von der umgekehrten Lage des Bildes.
Vom deutlichen und undeütlichen Sehen.
Von den Veränderungen in dem Auge zum deutlichen Sehen.
Von der Pupille des Auges u. ſ. f.
Von weitſichtigen Augen.
Regeln in Rückſicht der Wahl der Brillen.
Von der Erhaltung des Geſichts.
Von Augen, denen der Staar geſtochen worden.
Von kurzſichtigen Augen.

Achtzehnte Vorleſung. Seite 376

Von der Natur der Sehens.
Von dem Abſtande, der Größe und dem ſcheinbaren Orte der Gegenſtände.
Von der ſcheinbaren Größe.
Von der ſcheinbaren Bewegung.
Von dem Sehen mittelſt Bilder.

Neunzehnte Vorleſung 397

Von den Farben.

Zwanzigſte Vorleſung. 428

Von dem Regenbogen.
Von der Trennung der Lichtſtrahlen, welche vermittelſt der Stärke des Medium verurſacht wird, worauf ſie fallen.
Von den Eigenthümlichkeiten der leichten Reflexion und des Durchgangs.
Von den bleibenden Farben natürlicher Körper.
Herrn Delaval's Nachricht von bleibenden Farben.

Ein und zwanzigſte Vorleſung. 479

Von den phoſphoriſchen Körpern.
Allgemeine Bemerkungen über die Operationen des Lichts.
Von den Inflexion des Lichts.

Von der Wirkung des Lichts, der Farbe der Pflanzen u. ſ. f.

Zwei und zwanzigſte Vorleſung. S. 521

Von Teleſkopen.
Von refraktirenden Teleſkopen.
Von dem Galiläiſchen Teleſkope.
Von dem aſtronomiſchen Teleſkope.
Von der erſten Aberration konvexer Linſen.
Von der zweiten Aberration derſelben.
Von der Einrichtung u. ſ. f. der Teleſkope mit verſchiedenen Augengläſern.
Von achromatiſchen Teleſkopen.
Von reflektirenden Teleſkopen.
Von dem Gregoryſchen Teleſkope.
Von dem Newtonſchen Teleſkope.

Drei und zwanzigſte Vorleſung. 597

Von Mikroſkopen.
Von der optiſchen Wirkung der Mikroſkope.
Von dem einfachen Mikroſkope.
Von dem doppelten oder zuſammengeſetzten Mikroſkope.
Von dem Sonnenmikroſkope.
Allgemeine Bemerkungen.

Anmerkungen und Zuſätze des Ueberſetzers.
Beſchreibung des 40füßigen Teleſkops von Dr. W. Herſchel — als Anhang.

Bayerische
Staatsbibliothek
MÜNCHEN

Vorleſungen

über die

Phyſik.

Zwölfte Vorleſung.

Von der Natur und den Eigenſchaften des Waſſers.

Bei Betrachtung der Gegenſtände, welche den Inhalt der vorhergehenden Vorleſungen ausmachen, fanden wir unzählige Beweiſe von der Ordnung, Schönheit, Harmonie und den Verhältniſſen in den Werken der Natur. Die Gegenſtände unſrer Aufmerkſamkeit in den folgenden Vorleſungen werden uns deren nicht wenigere liefern.

Das Waſſer, deſſen Betrachtung uns in gegenwärtiger Vorleſung beſchäftigen ſoll, beſitzt ſo wundervolle Eigenſchaften, daß es ſchon allein eine reichliche Quelle von Kenntniſſen iſt. Es iſt eine Subſtanz, welche bei einem gewiſſen Wärmegrade flüſſig iſt, bei einem geringern feſt wird und bei einem größeren Grade ſich in elaſtiſchen Dampf von unglaublicher Stärke verwandelt. Es löſt alle Arten von Salz auf, verſchluckt atmosphäriſche Luft und hält ſie in ſeiner Subſtanz zurück, und erhebt ſich in ungeheurer Menge in die Luftregionen, von denen es getragen wird. In der allgemeinen Oekono-

mie der Natur befördert das Waſſer die Auflöſung, Trennung, Vereinigung und Niederſchlagung. Kurz, dieſe Subſtanz ſpielt bei ſo vielen Operationen der Natur und Kunſt eine ſo vorzügliche Rolle, daß eine vollſtändige Beſchreibung ihrer Eigenſchaften zugleich die der meiſten übrigen Subſtanzen mit umſchließen würde.

Das Gewicht des Waſſers iſt zum Maasſtabe für die ſpezifiſche Schwere angenommen worden; und ſeine Temperatur bei den Veränderungen aus dem feſten in den flüſſigen, und aus dieſem in den elaſtiſchen Zuſtand giebt die fixen Punkte der Thermometer.

Waſſer macht nicht nur den vornehmſten Theil des Bluts, der Milch, des Weins, des Oels und andrer Flüſſigkeiten aus, ſondern es befindet ſich ſogar in einem großen Verhältniſſe in den feſten Theilen aller Thiere, Pflanzen und vieler mineraliſchen Subſtanzen.

Waſſer iſt für die Schiffahrt das, was Luft für die Schwingen der gefiederten Gattungen. Mittelſt des Waſſers werden auf eine leichte und geſchwinde Art allen Ländern die Ueberflüſſe ab- und ihre Begehrungen zugeführt. Es macht den Menſchen gleichſam zum eingebornen Bürger jeden Erdſtrichs. Es verkürzt jede Entfernung und verbindet die von einander entlegenſten Gegenden. Die Kenntniſſe, Manufakturen und Künſte des einen werden dadurch allen übrigen mitgetheilt. Es befördert die Indüſtrie und begünſtigt die Erfindungen.

Von den Beſtandtheilen und der Zerſetzung des Waſſers.

Das Waſſer iſt bis in die neueſten Zeiten immer für eine einfache Subſtanz angeſehen worden. Die Verſuche

des Hrn. Lavoiſier, deren ich in einer der vorhergehenden Vorleſungen gedacht habe, haben indeſſen viele veranlaßt, es als ein aus brennbarer und Lebens-Luft Zuſammengeſetztes zu betrachten; oder mit andern Worten: die ganze Maſſe einer gegebenen Menge Waſſer könne in brennbare und Lebensluft verwandelt werden, und durch die Verbrennung dieſer beiden Gasarten werde eine Menge Waſſer erzeugt, welche mit dem Gewichte der in dem Verſuche angewendeten Gasarten im Verhältniſſe ſtehe. Ob ich Ihnen nun gleich bereits gezeigt habe, daß die Verſuche des Hrn. Lavoiſier und der Franzöſiſchen Chemiſten auf keine Weiſe zu den Folgerungen berechtigen, die ſie daraus hergeleitet haben *), ſo wird es doch nöthig, da ſie eben dieſe Verſuche zur Grundlage eines neuen Syſtems in der Chemie gemacht und neue Kunſtwörter erfunden und eingeführt haben, um ihm deſtomehr Eingang zu verſchaffen, daß wir dieſen Gegenſtand noch etwas näher unterſuchen.

Daß ihre Verſuche zu dieſer Folgerung nicht berechtigen, ſieht man daraus, weil man, wenn Lebens-Luft und brennbare Luft durch Hitze zerſetzt worden ſind, ſowohl nach den Verſuchen des Dr. Prieſtley als der Franzöſiſchen Chemiſten jederzeit Salpeterſäure erhält; und ob man gleich ſagt, daß dieſe Säure von der phlogiſtiſirten Luft herkomme, welche während dem Prozeſſe nicht gänzlich ausgeſchloſſen werden könne, ſo beweiſen doch verſchiedene Umſtände, daß die Säure nicht von dieſer Quelle herrühre, und dies um ſo mehr, da dieſer Prozeß die Stick-Luft gar nicht zerſetzt, oder nur im geringſten darauf wirkt.

*) Man ſehe den erſten Theil und meine Anmerkungen dieſerwegen. G.

Auf welche Art auch, ſagt Dr. Prieſtley, Lebensluft und brennbare Luft mit einander vereiniget werden, ſo wird doch immer eine Säure erhalten, in keinem Falle aber reines Waſſer. Wenn Eiſen, welches Phlogiſton enthält, in Lebensluft, oder wenn Queckſilber-Niederſchlag, welcher Lebens-Luft enthält, in brennbarer Luft erhitzt wird, ſo erzeugt ſich jederzeit fixe Luft; dahingegen zufolge der neuen Hypotheſe blos Waſſer in beiden Fällen erzeugt werden ſollte.

Waſſer, behaupten ſie, wird jederzeit zerſetzt, wenn man es über rothglühendes Eiſen gehen läßt, indem das Eiſen nach ihrer Meinung den ſauermachenden Grundſtoff einſaugt, indeß der Ueberreſt in brennbarer Luft davon geht. Allein ein ungünſtiger Umſtand für dieſe Hypotheſe iſt, daß man zu dieſem Verſuche nur ſolche Subſtanzen nehmen muß, welche Phlogiſton enthalten. Es iſt daher höchſt wahrſcheinlich, anzunehmen, daß die brennbare Luft durch das Phlogiſton aus dieſen Subſtanzen gebildet werde, indem Waſſer die Baſis iſt, und daß, wenn irgend ein Theil der Subſtanz zurückbleibt, und eine Gewichtszunahme erfolgt, dieſe Gewichtszunahme blos vom Waſſer allein herrühre.

Daß Phlogiſton ein Beſtandtheil des Waſſers iſt, ſcheint wahrſcheinlich 1) weil Waſſer die Elektrizität ſo wie Metalle und Kohlen leitet, in welchen ſich der nämliche Grundſtoff befindet; und 2) weil friſch deſtillirtes Waſſer Lebensluft aus der Atmosphäre anzieht, welches gleichfalls eine Eigenſchaft andrer Körper iſt, welche Phlogiſton enthalten. In dieſem Sinne kann man ſagen, daß es die beiden Grundſtoffe der neuern Theorie enthalte, obſchon nach dieſem Sinne jene Theorie ganz über den Haufen fällt.

Ohne mich indeſſen weitläuftiger in dieſe Unterſuchung einzulaſſen, wird es hinreichend ſeyn, zu bemerken, daß die Entſtehung von Salpeterſäure durch das Verbrennen der brennbaren und Lebens-Luft deutlich beweiſt, daß Waſſer keinesweges eine zuſammengeſetzte Subſtanz aus dieſen Luftarten iſt; oder daß dies blos bei einem gewiſſen Verhältniſſe dieſer Ingredienzien Statt finde, indeß ein andres Verhältniß Salpeterſäure erzeugt.

Denn wenn man zugeben muß, daß ſich aus den nämlichen Flüſſigkeiten Salpeterſäure erzeuge, ſo fällt der Schluß, den man für die Zuſammenſetzung des Waſſers daraus zieht, daß das Gewicht des Waſſers mit dem Gewichte der bei der Verbrennung angewendeten Luftarten im Verhältniſſe ſtehe und dafür genau ſubſtituirt werden könne, von ſelbſt weg; und da die Erſcheinung einer großen Menge Waſſer bei dieſen Verſuchen ſich ſehr leicht aus dem Niederſchlagen des Waſſers erklärt, welches wie bekannt, dieſen elaſtiſchen Flüſſigkeiten anhängt, oder ſelbſt wohl einen weſentlichen Theil bei ihrer Zuſammenſetzung ausmachet, ſo bleibt nichts übrig, worauf die Hypotheſe von der Bildung des Waſſers aus einem gewiſſen Verhältniſſe von brennbarer und Lebensluft gegründet werden könnte. Da nun hierdurch der Grundverſuch dieſer Lehre, daß nämlich ein gleiches Gewicht Waſſer und zwar reines Waſſer die Stelle der verſchwundenen Luftarten vertrete oder dafür ſubſtituiret werden könne, niedergeſtürzt iſt, ſo muß auch nothwendig das Gebäude nebſt allen Verzierungen deſſelben ſinken, und es wird keine andre Spur davon zurückbleiben als nur, was den Scharfſinn und das Genie des Künſtlers karakteriſirt.

Vom Waſſer im flüſſigen Zuſtande.

Das Waſſer iſt durchſichtig, farbenlos, flüſſig, ohne Geſchmack und ohne Geruch, beinahe unzuſammendrückbar, und nur in einem ſehr geringen Grade elaſtiſch. Es hängt ſich an die Subſtanzen der meiſten Körper an, durchdringt und vereinigt ſich aber mit einer noch ungleich größern Menge. Es löſcht die Flamme aus und iſt verſchiedener Zuſtände fähig, von der Dichtigkeit des Eiſes bis zur äußerſten Verdünnung des Dampfes.

Verſchiedene haben das Eis als den natürlichen Zuſtand des Waſſers angeſehen, die Flüſſigkeit deſſelben aber als einen gewaltſam bewirkten Zuſtand deſſelben, oder als Eis, das in beſtändiger Schmelzung erhalten werde, und ſogleich wieder in den vorigen Zuſtand übergehe, ſobald es einer gewiſſen Menge Feuer beraubt worden. Sollten Sie vom Blei und Waſſer eine Erklärung geben, ſo würden Sie das eine einen flüſſigen das andre einen feſten Körper nennen, und dem zufolge dieſe Beſchaffenheiten für die natürlichen Zuſtände dieſer beiden Körper halten, gleichwohl wird das Waſſer zu einem feſten Körper, wenn es nicht mit einer gewiſſen Menge Feuer verbunden iſt, das darauf wirkt. Die Sache iſt, wir nennen überhaupt denjenigen Zuſtand jedesmal den natürlichen, welcher ſich unſrer Beobachtung unmittelbar darſtellt. Hätten wir im Saturn gelebt, ſo würden wir für Eis und Waſſer nur einen Namen haben, wenn wir es auch zuweilen im Sommer in einem flüſſigen Zuſtande geſehen haben ſollten; dahingegen wenn wir im Merkur gebohren worden wären, wir das Blei für einen flüſſigen Körper halten würden. *)

*) Dieſer Uebergang iſt wohl etwas ſehr übereilt, weil wir in Rückſicht des Zuſtandes der Subſtanzen auf dieſen Weltkörpern von denjenigen auf unſrer Erde keine ſo ſichere Schlußfolge machen können. S.

Die Theilchen des Waſſers, ſo leicht bewegbar ſie auch unter ſich ſelbſt ſind, hängen doch mit einer gewiſſen Kraft zuſammen; ſo hängt ein Tropfen Waſſer an dem Ende des Fingers, obſchon die untern Theilchen blos andere der nämlichen Flüſſigkeit berühren. Dieſes Anhängen der Theilchen unter ſich verhindert, daß ſchwache Nadeln, oder ſehr dünne Metallplättchen nicht darin unterſinken, da ſie der Trennung mehr widerſtehen, als der Ueberſchuß der ſpezifiſchen Schwere dieſer Körper über ein gleich großes Volumen Waſſer beträgt.

Waſſer läßt ſich blos in einem ſehr geringen Grade zuſammen drücken und kann daher wegen dieſes ſo geringen Grades im Allgemeinen für nicht zuſammendrückbar angeſehen werden. Daß es ſich in einem geringen Grade zuſammen drücken laſſe, kann man durch einen leichten Verſuch beweiſen: Man gieße Waſſer in eine Flaſche mit einem Stabe, den man ſehr genau eingetheilt hat, beobachte den Grad, bei welchem es ſteht, ſetze die Flaſche unter den Recipienten einer Luftpumpe, und pumpe die Luft davon aus, wo, ſo wie der Druck der Luft weggenommen worden, die Flüſſigkeit ſich etwas heben wird. *)

Außer dem Waſſer beſitzen wir keinen flüſſigen Körper, welcher feiner wäre, und mehr durch andre Körper dränge, das Feuer ausgenommen. Es tritt in die kleinſten Theilchen und Poren der Materie, in die feinſten Gefäße der Thiere, und in die kleinſten Röhren der Pflanzen, ja es dringt ſogar durch Subſtanzen, welche ſelbſt Luft gefangen

*) In Rückſicht der Verſuche von dem Zuſammendrücken des Waſſers hat Zimmermann alles hieher gehörige geſammelt. Ich werde davon weiterhin etwas näheres anführen. G.

halten. Dieſe eindringende Kraft des Waſſers nebſt deſſen Geſchmeidigkeit und Schlüpfrigkeit macht es zum ſchiklichſten Vehikel die nährende Materie allen Körpern zuzuführen.

Waſſer macht einen Beſtandtheil aller Subſtanzen aus, die zu unſrer Erde gehören; und wahrſcheinlich giebt es kein Thier, keine Pflanze und kein Mineral, die nicht Waſſer enthalten. Jedes lebende Weſen lebt gröſtentheils davon; alles was wächſt, erhält ſeinen Wachsthum durch daſſelbe; kurz, überall wo es Zutritt findet, befördert es zufolge der Anordnung der Vorſehung das Leben, und hält die ganze materielle Natur in allen Modifikationen des Daſeyns aufrecht. Groß iſt auch der Antheil, den es an der Bildung und der Zerſetzung aller mineraliſchen Körper hat; und wenn es auf der einen Seite die freie und ungehinderte Ausübung der Verrichtungen der animaliſchen Körper unterhält, ſo beſchleunigt und erleichtert es auf der andern die Zerſtörung der vegetabiliſchen und animaliſchen Körper, ſobald als ſie zu leben aufhören.

Gegenwart des Waſſers in der Atmoſphäre.

Dieſes Fluidum iſt zum Beſtehen aller Dinge ſo weſentlich nothwendig und von ſo großer Wichtigkeit, daß verſchiedene alte Philoſophen die Idee hegten, es ſey der erſte Grundſtoff des allgemeinen Lebens. Es ſcheint durch das ganze Weltall verbreitet zu ſeyn, und die Menge, welche die Luft enthält, iſt ſo ungeheuer groß, daß man in dieſer Hinſicht ſagen kann, wir bewegen uns in einem Oceane. Zwar iſt das Waſſer dieſes Oceans kein Gegenſtand unſrer Sinne, wir können es nicht ſehen, noch fühlen wir, während dem es ſolchergeſtalt in der Luft vertheilt

iſt, daß es uns naß macht; indeſſen iſt es doch immer Waſſer, ohnerachtet es weder ſichtbar noch fühlbar iſt; ſo wie Zucker, wenn er in Waſſer aufgelöſet worden, demohnerachtet Zucker bleibt, ob wir ihn ſchon weder fühlen noch ſehen können. Wenn alles Waſſer niedergeſchlagen würde, das ſich in der Luft befindet, ſo dürfte es wahrſcheinlich hinreichend ſeyn, die ganze Erde bis zu einer Höhe von mehr als 30 Fuß zu bedecken. Dieſe Betrachtung würde diejenigen aus ihrer Verlegenheit gezogen haben, welche Waſſer genug zu finten verzweifelten, um eine allgemeine Sündfluth zu erklären. Wenn eine Flaſche Wein aus einem kühlen Keller an einem heißen und trocknen Tage im Sommer heraufgehohlt wird, ſo wird man auf der Oberfläche derſelben bald einen ſtarken Dampf gewahr werden, der, wenn man ihn koſtet, Waſſer zu ſeyn ſcheint. Dieſer wäßrige Dampf kann indeſſen aber nicht von einem Schwitzen des Weins durch die Poren der Flaſche herrühren, denn das Glas iſt für das Waſſer undurchdringbar, ſo wie denn auch die Flaſche voll bleibt, und wenn ſie trocken abgewiſcht worden, genau eben ſo ſchwer gefunden wird, als wie ſie aus dem Keller genommen wurde. Die nämliche Erſcheinung bemerkt man an der Auſſenſeite eines ſilbernen oder irgend eines andern metallnen Gefäßes, in welches im Sommer Eis gelegt wird; und gewiß iſt es, daß das Waſſer, welches an der Oberfläche des Gefäßes verdichtet wird, nicht blos von der Feuchtigkeit herrührt, die von den Perſonen in dem Zimmer ausgeathmet wird, wo man den Verſuch anſtellt, weil auch die nämliche Wirkung Statt findet, wenn das Gefäß der freien Luft ausgeſetzt wird. Waſſer, welches durch Auflöſung irgend eines Salzes erkältet wird, und ſelbſt Brunnenwaſſer, wenn es um einige Grade kälter iſt, als die Luft, verurſacht eine ähnliche Verdichtung des Dampfes an der Auſſenſeite des Gefäßes, worin es enthalten iſt. Dieſe, und andre Erſcheinungen

von der nämlichen Art müſſen nach einerlei Grundſatze erklärt werden. Wenn warme Luft an die äußere Oberfläche eines Gefäßes ſtößt, worin ſich irgend eine kalte Flüſſigkeit befindet, ſo geht das Feuer, wodurch das Waſſer in der Luft erhalten wird, durch das Gefäße in die Flüſſigkeit über, um das Gleichgewichte der Temperatur herzuſtellen, und das Waſſer, das ſich nicht ferner in der Luft erhalten kann, hängt ſich an die Oberfläche des kalten Gefäßes.

Ein anderes Verfahren, das Daſeyn des Waſſers in der reinſten Luft zu beweiſen, iſt, daß man auf die Zunahme des Gewichts Rückſicht nimmt, welche gewiſſe Körper erlangen, wenn ſie der freien Luft ausgeſetzt werden. Dr. Watſon ſetzte in die freie Luft acht Unzen Weinſteinſalz, welches er vorher auf einem glühenden Eiſen gehörig getrocknet hatte; der Tag war ohne Wolken, und das Barometer ſtand bei 30 Zoll, indeß hatte innerhalb einem Zeitraum von drei Stunden, nämlich von 11 bis 2 Uhr Nachmittags, das Salz am Gewichte zwei Unzen mehr gewonnen. Nach Verlauf von einigen Tagen ſtieg ſein Gewicht bis 20 Unzen. Jetzt war es ganz flſſiüg, und indem es deſtillirt wurde gab es ein reines Waſſer am Gewichte beinahe gleich dem Anwachſe, den es aus der Luft erlangt hatte. Starke Vitriolſäure iſt gleichfalls ein Körper, welcher aus der Luft viel Feuchtigkeit einſaugt. Man hat bemerkt, daß eine Unze dieſer Säure innerhalb 12 Monaten über ſechsmal ſoviel einſaugt, als ihr eigenes Gewicht beträgt.

Die Gewichtszunahme des menſchlichen Körpers, welcher in vielen Fällen durch ſeine Poren Waſſer aus der Luft einſauget, iſt ein andrer ſichtbarer Beweis von der großen Menge Waſſer, welches ſich in der Luft befindet. Der Biſchoff von Landaff erwähnt, unter verſchiedenen

andern Beiſpielen, dasjenige eines Knaben zum New-market, welcher, nachdem er ganz ausgehungert um bei einem Pferdewettrennen das paſſendſte Gewicht zu haben, um 9 Uhr Morgens, und ſodann um 10 Uhr wieder gewogen wurde, wo man fand, daß er beinahe 30 Unzen am Gewichte innerhalb einer Stunde gewonnen, ob er ſchon während dieſes Zwiſchenraums nicht mehr als ein halbes Glas Wein getrunken hatte. Wahrſcheinlich reizte der Wein die Thätigkeit des Nervenſyſtems, und die durch Enthaltſamkeit erſchöpfte Natur öffnete die abſorbirenden Poren des ganzen Körpers um einige Nahrung aus der Luft einzuſaugen. Es iſt bekannt, daß Perſonen, welche in ein warmes Bad gehen, um verſchiedene Unzen ſchwerer aus demſelben herausgehen, als ſie hinein giengen, indem ihre Körper gerade ſo viel Waſſer eingeſogen haben. Ein Theil des Nutzens der mediziniſchen Dampfbäder hängt von dieſem Einſaugungsvermögen der Poren ab.

Ein Umſtand von Wichtigkeit in Rückſicht der menſchlichen Körper ſcheint der Aufmerkſamkeit der meiſten Phyſiologen entgangen zu ſeyn; ich meine die Natur der animaliſchen Feuchtheit, und die Mittel, wodurch ſie erſetzt und unterhalten wird. Ich habe Ihnen bereits in dieſer Vorleſung an einigen Beiſpielen gezeigt, welche Menge von Feuchtigkeit der menſchliche Körper aus der Luft in ſich aufnimmt und ich würde die Anzahl derſelben ſehr leicht haben vermehren können, wenn mehrere Beweiſe dieſerwegen erforderlich wären. Unabhängig von dieſen Thatſachen werden Sie indeſſen ſchon aus verſchiedenen Umſtänden von ſelbſt die Folgerung machen, daß durch Speiſe und Trank die thieriſchen Säfte nicht völlig unterhalten und ihr beſtändiger Verluſt erſetzt werden kann, ſondern daß ein ungleich größerer Theil von dem Körper aus der Atmosphäre aufgenommen wird; daß

endlich, dem zu Folge, der menſchliche Körper wahrſcheinlich ein Vermögen beſitze, einige der Gasarten, deren ein ſo großer Ueberfluß in der Atmosphäre iſt, zu zerſetzen und ihr Waſſer an ſich zu reiſſen.

Die Umſtände, auf welche ich oben hindeutete, ſind: daß die Säfte mehr als die Hälfte des menſchlichen Körpers betragen; daß die Baſis dieſer Flüſſigkeiten Waſſer iſt; daß ſie eine ſtarke Neigung zum Verdunſten haben, und beſtändig fort gegen 96 Grad warm ſind; daß die trocknende Kraft der Luft nicht allein auf die ganze äußere Oberfläche, ſondern auch auf diejenige der Lunge wirkt; daß endlich jede lebendige Faſer und jedes Theilchen nicht allein dieſer Wärme, ſondern auch der Bewegung unterworfen iſt, welche von dem ſchnellen Kreislaufe des Bluts herrührt.

Nehmen wir nun zu allen dieſen Umſtänden noch die große Wärme, welcher der Körper in warmen Himmelsſtrichen ausgeſetzt iſt, ſo können wir ohne Anſtand behaupten, daß wenn man die nämliche Menge Waſſer, welche in dem menſchlichen Körper enthalten iſt, einer eben ſo großen Oberfläche der Luft ausſetzte, mehr als die Hälfte innerhalb 24 Stunden verdunſten würde: denn Sie müſſen bedenken, daß Feuchtigkeit durch unſre Haut dunſten kann; daß die Haut jederzeit feuchte iſt, und daß die thieriſche Wärme, die Luft und der allgemeine Kreislauf ununterbrochen darauf wirken; daß endlich ohne einen ununterbrochnen und allmählichen Erſatz der verdunſteten Feuchtigkeit die Haut ganz verdorren würde.

Rechnen Sie hierzu noch die großen Ausleerungen, durch die unmerkliche Ausdünſtung, durch die Lunge, die Nieren, die Speicheldrüſen u. ſ. f. ſo werden Sie nicht glauben können, daß Speiſe und Trank dies alles erſetzen ſollte.

Herr **Harrington** ſagt, er habe öfters im Winter ſeinen Urin gewogen und gefunden, daß er die Menge des Getränks, welches er zu ſich genommen, weit übertroffen. Woher kam nun wohl dieſe größere Menge? was erſetzte die übrigen Ausleerungen? und was erhielt bey einer Wärme von 96 Grad jeden kleinſten Theil feucht, weich und biegſam? Zur Unterſtützung dieſer Meinung könnte ich noch mehrere Thatſachen anführen, allein um nicht zu weitläufig zu werden, muß ich Sie auf Ihre eigene Beobachtung und auf das Werk des Herrn Harrington verweiſen.

Vom Waſſer in Vermiſchung und Verbindung mit Körpern.

Man kann das Waſſer, welches ſich in Körpern befindet, unter zweierlei Zuſtänden betrachten, entweder als blos damit **vermiſcht**, oder als innig damit **verbunden**.

In dem erſten Zuſtande macht es die Körper feuchte, iſt dem Auge bemerkbar, und kann ſehr leicht davon geſchieden werden.

In dem zweiten Zuſtande findet man kein Merkmal, keine Beſchaffenheit, woran ſich entdecken ließe, daß Waſſer damit verbunden ſey. In dieſer Form findet man es in Kriſtallen, Salzen, Pflanzen, Thieren u. ſ. f.

Das Waſſer, wenn es mit Körpern verbunden iſt trägt ſehr viel zu ihrer Härte bei; ſo verlieren durchſichtige Salze und die meiſten ſteinigen Kriſtalle ihre Durchſichtigkeit, wenn ſie des Kriſtalliſationswaſſers beraubt werden. Verſchiedene Körper verdanken dem Waſſer ihre Feuerbeſtändigkeit; ſo erlangen z. B. die Säuren ihre Feuerbeſtändigkeit blos durch die Verbindung mit Waſſer. Wenn Waſſer mit Erde oder Aſche gemiſcht und zu einem

Gefäße gebildet wird, ſo hält es, nachdem es gebacken, das ſtärkſte Feuer aus, das die Kunſt nur hervorbringen kann. Sie ſehen alſo, daß dieſer flüſſige und auflöſende Körper allen Subſtanzen der Erde Konſiſtenz und Härte mittheilt. In dieſem Zuſtande vereiniget es die Natur öfters mit Körpern, wo die Kunſt bis jetzt noch nicht vermögend geweſen iſt, ſie damit in Verbindung zu bringen.

Reines Waſſer wird ſich zwar unmittelbar nur mit einer gewiſſen Menge von Subſtanzen vereinigen; allein nachdem es damit vereiniget worden, wird es ſodann fähig andre Subſtanzen in einer Stufenfolge aufzulöſen, deren Gränzen wir nicht beſtimmen können: denn je weiter wir in der Kenntniß der Subſtanzen fortſchreiten, deſto mehr werden wir unſre Unwiſſenheit gewahr, ſowohl in Anſehung der Anzahl von Subſtanzen, welche für ſich beſonders beſtehen, als der weſentlichen Ingredienzen ſelbſt derjenigen, welche uns bekannt ſind. Waſſer iſt die Baſis aller Auflöſungsmittel: wir konzentriren ſie bis zu einem gewiſſen Punkte durch Evaporiren; allein über dieſen Punkt hinaus giebt die Flüſſigkeit entweder nichts als Dampf, oder entſchlüpft ganz. Ein weſentlicher Theil der Chemie beſteht in der Zuſammenſetzung der Auflöſungsmittel, und in den Niederſchlägen, die darin bewirkt werden. Bei dieſen Prozeſſen tritt das Waſſer öfters ſelbſt in neue Kombinationen. Wenn bei dieſen Operationen der Chemiſt auf irgend einen Gewinn bringenden Prozeß ſtößt, wovon er die eigentlichen Urſachen nicht weiß, ſo macht er ein Geheimniß daraus. Allein wie viel ähnliche Geheimniſſe findet man nicht unter den Operationen der Natur? Wie viele werden uns auf immer verborgen bleiben, weil die urſprünglichen Subſtanzen zu einem Zuſtande gelangt ſind, welcher durch die Wirkungsmittel der gegenwärtigen Operationen in der Natur nicht verändert werden kann.

Wenn Waſſer durch aufeinander folgende Auflöſungen verſchiedene Subſtanzen in ſich aufgenommen hat, ſo können ſie ſucceſſiv auf zweierlei Art niedergeſchlagen werden, entweder durch Auflöſung neuer Subſtanzen, oder durch Austreibung der ausdehnbaren Flüſſigkeiten, von deren Ingredienzen einige mit den Subſtanzen in der Flüſſigkeit vereiniget waren. Die alten Chemiſten wußten wenig oder nichts von dieſem letztern Prozeſſe, und von den verſchiedenen Kombinationen des Feuers und des Lichts. Die gegenwärtigen Fortſchritte in dieſen Wiſſenſchaften verdanken wir den neuern Entdeckungen in dieſem Fache. Wenn indeſſen der Chemiſte in dem weitern Verfolge derſelben das Studium der Meteorologie, und Geologie, ſo wohl um ſeine Unterſuchungen der Natur der ausdehnbaren Flüſſigkeiten zu leiten, als um ſeinen Entſcheidungen über die innere Natur der Subſtanzen Werth zu geben, vernachläſſigt ſo wird er Gefahr laufen, Irrthümer durch die nämlichen Thatſachen, die ihn dagegen hätten ſichern ſollen, zu beſtätigen. *)

Man kann das Waſſer als eine Art von allgemeinem Cement oder Bindungsmittel anſehen. Die Steine und Salze, welche deſſen beraubt werden, zerfallen in Pulver, und bilden einen Haufen geſtaltloſen Staub. Das Waſſer erleichtert die Wiedervereinigung und die Konſiſtenz der Theilchen der Steine, der Salze u. ſ. f. wie man gleichfalls bey den Zubereitungen der Pflaſter, Lutirungen, des Mörtels u. ſ. f. ſieht.

Die Menge Waſſer, welche ſich in den trockenſten Körpern befindet, iſt erſtaunend; Hirſchhorn, welches ſeit

*) De Luc Lettres in dem Journ. de Phyſique für 1790. p. 91. 92. u. f.

vierzig Jahren aufbewahret worden, und hierdurch eine ſolche Härte erlangt hatte, daß es ſo hart und trocken als Metall war, und wenn man es gegen einen Kieß geſchlagen Feuerfunken gegeben haben würde, gab, als es deſtillirt wurde, den achten Theil ſeiner Menge Waſſer.

Eine geraume Zeit hindurch hielt man das Waſſer für eine flüſſige Erde. Der erdige Rückſtand, welcher nach dem Deſtilliren, Reiben und Faulen des Waſſers zurückbleibt, gab der Meinung einiges Gewicht, daß es ſich in Erde verwandeln laſſe. Herr Lavoiſier hat gezeigt, daß dieſe Erde von der Abnutzung der Gefäße entſpringe; und Scheele hat bewieſen, daß dieſe Erde mit derjenigen der Gefäße, worin die Operationen angeſtellt worden, von einerlei Beſchaffenheit iſt.

Im flüſſigen Zuſtande vereinigt ſich Waſſer ſo leicht mit andern Subſtanzen, daß man es n.:gends rein findet; das reinſte iſt immer mit Ausdünſtungen und mit Auflöſungen von verſchiedener Art gemiſcht. Regenwaſſer, welches eine von der Natur ſelbſt deſtillirte Flüſſigkeit iſt und durch Verdampfung ſo hoch gehoben wurde, iſt demohnerachtet noch eine ſehr gemiſchte Subſtanz, die mit Ausdünſtungen aller Art geſchwängert worden, und Salze, Schwefel und Metalle mit ſich verbunden enthält. Herr Chaptal fand, zufolge der Verſuche, die er zu Montpellier anſtellte, daß das Regenwaſſer bei ſtürmiſchem Wetter ungleich unreiner iſt, als welches mit einem ſanften Regen herabfällt; daß das Waſſer, welches zuerſt herabfällt, weniger rein iſt, als dasjenige, welches bei anhaltendem Regen nach verſchiedenen Stunden oder Tagen fällt; daß das Waſſer, welches fiel, wenn der Wind von der Seeſeite gegen Süd wehete, Seeſalz enthielt, indeß dasjenige, welches bei einem Nordwinde erhalten wurde, nicht den geringſten Theil davon enthielt. Das Waſſer,

welches von den Dächern der Häuſer herabtropft, iſt mit dem Rauche der Schorſteine, mit den Ausdünſtungen der Ziegeln, und mit andern Unreinigkeiten geſchwängert, die Vögel und Thiere daſelbſt abgeſetzt haben. Eben dies iſt der Fall beim Flußwaſſer; Pflanzen, Mineralien und Animalien, alle tragen ihren Antheil bei, um die Unreinigkeit deſſelben zu vermehren; wo irgend ein Strom fließt, da nimmt er auch die Farbe ſeines Bettes an. Unter den verſchiedenen Flußwaſſern hält man diejenigen in Indien und der Themſe für die leichteſten und heilſamſten.

Ueberhaupt hält man jedes Waſſer für um ſo reiner, je weicher es iſt; Schneewaſſer iſt ſehr weich; das Regenwaſſer kommt ihm am nächſten; Quellwaſſer, ohnerachtet es das hellſte iſt, und am meiſten geſucht wird, iſt jedoch am wenigſten rein, und ſchickt ſich unter allen am wenigſten zum allgemeinen Gebrauche. Das Quellwaſſer iſt rein oder unrein, je nachdem die Erde, wodurch es ſtrömt, mehr oder weniger mit Schwefel, Salzen, Arſenik, Mineralien u. ſ. f. geſchwängert iſt. Diejenigen, welche durch einen ſandigen Boden dringen, welcher frei von ſaliniſchen oder metalliſchen Subſtanzen iſt, ſind die reinſten. Das Auge iſt in dieſer Rückſicht kein zuverläſſiger Richter. Es iſt zwar im Stande uns zu belehren, ob das Waſſer faul, oder unrein iſt, allein es läßt uns in Rückſicht derjenigen Beſtandtheile des Waſſers in Ungewißheit, die ſich darin unmerkbar aufgelöſt befinden. Die Durchſichtigkeit iſt eine ſehr angenehme Eigenſchaft des Waſſers, ſie beweiſt aber nichts für ſeine Heilſamkeit, denn Seewaſſer iſt eben ſo durchſichtig als irgend ein ſüſſes Waſſer. Das Waſſer ſtehender Seen und Sümpfe iſt gemeiniglich ſehr unrein, und es iſt der Wohnplatz ſchwimmender Inſekten; alles iſt ſchwanger mit geſtaltloſem Leben, und um ſo fruchtbarer, je gröſſer die Fäulniß wird; das Ganze bildet eine faulende Maſſe, die den Sinnen zuwider, und der Geſundheit nachtheilig iſt.

Die Atmoſphäre ſelbſt kann als der allgemeine Sammelplatz nicht nur aller wäßrigen Dünſte, ſondern auch aller mineraliſchen Ausdünſtungen angeſehen werden: als der Sammelplatz der Ausdünſtungen ſowohl alles deſſen, was ein animaliſches oder vegetabiliſches Leben genießt, als aller nach ihrem Tode ſogleich in Fäulniß übergehenden Thiere und Subſtanzen; ferner als der Sammelplatz der Ausdünſtungen von den kleinern Saamen der Erd- und Waſſerpflanzen; von den Eyern einer unzähligen Menge unſichtbarer Thiere; der Säuren und Oele, welche bey der Verbrennung ſich von allen Arten der Feuerungsmaterialien trennen; der Materie des Lichtes, der elektriſchen Ausflüſſe, und einer Menge anderer Subſtanzen. Von allen dieſen Quellen müſſen die vielen Unreinigkeiten abgeleitet werden, welche man in dem atmoſphäriſchen Waſſer entdekt, das nach Maßgabe der Subſtanzen, des Klima, der Jahreszeit, der Richtung der Winde, und verſchiedener andrer unbekannter Urſachen verſchieden ſeyn muß.

Wir müſſen uns alſo mit einer ſehr unreinen Miſchung für unſern Trank begnügen, wiewohl ſelbſt dieſes Gemiſch unſrer Geſundheit oft zuträglicher ſeyn mag, als die für reiner gehaltenen Waſſer. Erfahrung allein muß die nutzbaren und ſchädlichen Eigenſchaften derſelben beſtimmen. *) Insgemein zieht man ein ſolches Waſſer vor, welches für den Magen leicht iſt, einen friſchen, lebhaften, angenehmen Geſchmack hat, geſchwind ſiedet, Gartenfrüchte, beſonders Erbſen und Hülſenfrüchte, am geſchwindeſten weich kocht, und worin ſich die Seife vollkommen und geſchwind ohne Matten auflöſt.

*) Dies iſt zwar im Allgemeinen wahr, allein Umſtände erfordern dem ohnerachtet nicht ſelten eine genauere Zergliederung der Beſtandtheile, womit irgend ein Waſſer geſchwängert iſt. S.

Waſſer wird durchs Deſtilliren gereiniget. Da es bei vielen Gelegenheiten von großer Wichtigkeit iſt, daß man ein ſehr reines Waſſer beſitze, ſo muß ich Ihnen die Mittel anzeigen, wodurch es ſolchergeſtalt gereinigt werden kann. Die Operation ſelbſt geſchieht in einer beſonders dazu eingerichteten Vorrichtung, dem Deſtillirkolben, welcher aus zwei Hauptttheilen beſteht, einem Kochgefäße oder Kolben, und einem Deckel über demſelben, oder dem Helme.

Das Waſſer wird in den Kolben gegoſſen, aus welchem es vermittelſt der Wirkung des Feuers in Dämpfen aufſteigt, welche ſodann durch Abkühlung des Helms mit kaltem Waſſer verdichtet werden. Die ſolchergeſtalt verdichteten Dämpfe gehen nunmehr in ein Gefäß über, welches zu ihrer Aufnahme beſtimmt iſt. Dies nennt man nunmehr deſtillirtes Waſſer, und es iſt in ſofern gereiniget, als es in dem Kolben die Salze und andre feſte Grundſtoffe zurückläßt, welche die Unreinigkeit deſſelben verurſachten. Die Deſtillation geſchieht nach Verhältniß früher und geſchwinder, als der Druck der Luft weniger auf die Oberfläche der ſtilleſtehenden Flüſſigkeit wirkt. *)

Ueberall auf der Oberfläche der Erde geht eine wahre Deſtillation vor ſich. Die Wärme der Sonne hebt das Waſſer in Geſtalt von Dämpfen; dieſe verweilen einige Zeit in der Atmoſphäre, und fallen nachher wieder durch bloße Abkühlung in Geſtalt als Thau. Dieſes Steigen und Fallen des Waſſers wäſcht und reiniget die Atmoſphäre von allen denjenigen Theilchen, welche durch ihre Verderbniß, oder durch ihre Entwickelung ſie verunreini-

*) Das Geſchäffte des Deſtillirens iſt hier freilich ſehr kurz und einfach angegeben, und es würde auch wider die Abſicht ſeyn weitläuftigere Erklärungen dieſerwegen zu geben, da man davon anderwärts häufig Unterricht findet. G.

gen könnten. Vielleicht iſt es auch eben dieſe Verbindung des Waſſers mit verſchiedenen Miaſmen, welche den Abendthau ungeſund macht.

Von dem Urſprunge der Quellen und Flüſſe.

Wahrſcheinlich gehen diejenigen zu weit, welche behaupten, daß die Menge Waſſer, welche als Dampf aus dem Oceane gehoben wird, derjenigen gleich ſey, welche in den Ocean durch alle Flüſſe auf der Erde wieder zurückfließt; daß die See dasjenige, was ſie durch die Flüſſe erhält, wieder durch die Ausdünſtungen verliere, und daß ſolchergeſtalt ein ſteter Wechſel Statt finde; daß alle Flüſſe hinreichend durch das Waſſer erſetzt werden, welches in Dämpfen aus der See aufſteige, durch den Wind fortgetrieben, und an den Seiten der Gebürge verdichtet werde, worauf es, indem es durch die Ritzen der Felſen dringe, ſich in den Höhlungen derſelben anſammele, und Waſſerſammlungen bilde, aus denen es alsdann bei der nächſten Oefnung, die es finde, ablaufe, und auf dieſe Art Quellen und Flüſſe erzeuge.

Einer andren Theorie zufolge ſoll ſich in dem Mittelpunkte unſers Erdballes ein ungeheurer Waſſerſchatz befinden, aus dem alle Quellen und Flüſſe entſprängen. Dieſe Theorie behauptet, daß alle Erſcheinungen von Quellen hauptſächlich von den Dämpfen, Adern und Ausgängen dieſes ungeheuern Waſſerſchatzes, in welchen ſie alle wieder zurückgekehret ſind, abgeleitet werden müſſen, und daß hierdurch ein beſtändiger Kreislauf und ein gleich hoher Stand unterhalten werde, wobei die Quellen nie ermangeln, und die See, wegen ihrer Gemeinſchaft mit den unterirdiſchen Wäſſern, niemals überſtröme.

Von den früheſten Zeitaltern her haben dieſe Erſcheinungen die Aufmerkſamkeit jedes nachdenkenden Phyſikers

rege gemacht; und die Unterſuchungen ſowohl über den Urſprung der Flüſſe als woher ſie die unaufhörlichen Waſſerſtröme, die Fruchtbarkeit über die Erde verbreiten, ziehen, haben die verſchiedenſten Meinungen veranlaßt. Da indeſſen die beiden vorher angeführten Theorien den allgemeinſten Beifall erlangt haben und die übrigen alle darauf zurückgeführt werden können, ſo wollen wir hier nur dieſer ihren Werth näher prüfen.

Es ſcheint faſt lieblos zu ſeyn, den ſchönen Ausſichten den Zauber zu entreißen, womit dieſe beiden Theorien unſer Gemüth entzücken. Eine romantiſche Einbildungskraft kann nichts auffallenderes finden, als dieſen unaufhörlichen Kreislauf der Wäſſer. Wolken ſteigen aus der See empor, ziehen fort, bis ſie gegen die Gipfel der höchſten Gebirge ſtoßen, fallen ſodann allmählich in kleinen Strömen an ihren Seiten herab, dringen in die unterirdiſchen Höhlen der Erde, kommen wieder als Quellen zum Vorſchein, und ſammeln ſich endlich zu Flüſſen, welche die vereinigten Fluthen zu dem Ocean zurückführen. — In der That eine höchſt unterhaltende Vorſtellung, aber leider! nur Speculation, wobei ſich eine ſo außerordentliche Menge Schwierigkeiten finden, daß man dieſe Theorie verlaſſen muß, um eine vollkommnere Theorie zu wünſchen.

Man hat zwar dieſes Syſtem durch Berechnungen zu unterſtützen geſucht, damit aber zu viel bewieſen; denn die durch dieſe Berechnungen gefundene Menge ausgedunſteten Waſſers würde, wenn es wirklich herabfiele, anſtatt unſre Erde zu erfriſchen, ſie vielmehr erſäufen.

Daß der gewöhnlich auf die Erde fallende Regen nicht hinreicht, die Erſcheinungen aufzulöſen, und daraus der Urſprung der Quellen und Flüſſe keineswegs erklärt werden kann, wird Ihnen aus ſehr vielen Umſtänden

einleuchtend werden. Herr Gualtieri, hat durch Vergleichung der Flüſſe eines Landes mit dem daſelbſt gewöhnlich fallenden Regen gefunden, daß ohngeachtet er eine größere Menge gefallenen Regenwaſſers angenommen, als man vernünftigerweiſe nach der Hypotheſe von der Ausdünſtung annehmen kann, das Waſſer der Flüſſe den Regen doch bey weitem übertreffe: ja er hat ſogar bewieſen, daß es ganz unmöglich iſt, daß das Regenwaſſer den beſtändigen Lauf der Flüſſe und Quellen unterhalten könne. Das Waſſer, welches in den Flüſſen Italiens in die See ſtrömet, verhält ſich zum Regen, welcher auf das Land fällt, wie 55 zu 27, welches mehr als die doppelte Menge iſt.

Die Erde iſt beſtändig in einer größern Tiefe feuchte, als man vom Regen herleiten kann, welcher des Jahres über fällt. Herr de la Hire unterwarf dieſe Hypotheſe dem Prüfſteine der Erfahrung, indem er den weſentlichſten Theil derſelben in Unterſuchung zog, nämlich die Tiefe bis zu welcher Regen- und Schneewaſſer wirklich in die Erde dringen. Um dieſes gewiß zu erfahren, grub er ein Loch in der untern Terraſſe des Obſervatoriums zu Paris, und ſetzte in daſſelbe, acht Fuß tief unter dem Boden, ein großes bleiernes Becken, welches er etwas gegen einen der Winkel deſſelben neigte, und woran eine Röhre von 12 Fuß Länge gelöthet worden, die, nachdem ſie ziemlich tief hinabgeſtiegen war, in einen anſtoßenden Keller reichte. Nachdem er nun die Mündung der Röhre mit Kieſeln von allerhand Größe bedeckt, um nicht verſtopft zu werden, warf er acht Fuß hoch Erde hinein. Dieſe Erde war von einer Beſchaffenheit zwiſchen Sand und Lehm, folglich konnte auch das Waſſer ſehr leicht hindurch dringen. Nun erwartete er, daß, wenn Regen- und Schneewaſſer in die Erde bis zu der Tiefe eindrängen, in welcher man einige Quellen findet, (man findet aber beim Brunnen- und

Schachtgraben Quellen in allen Tiefen von 8 bis 800 Fuß) oder bis ſie auf die erſte thonige oder undurchdringliche Schicht ſtießen, in dieſem Fall ein Quell durch die bleierne Röhre ſich in den Keller ergießen würde. Allein ganz dem entgegen fand er, daß, obſchon das Becken in dieſer Lage nicht weniger als funfzehn Jahre liegen, und der Boden dieſe ganze Zeit hindurch allen Regen, Schnee und Dünſten, die etwa fallen möchten, ausgeſetzt blieb, auch nicht ein einziger Tropfen Waſſer durch die bleierne Röhre in den Keller gelaufen war.

Zu der nämlichen Zeit, als Herr de la Hire den oben beſchriebenen Verſuch anfieng, ſetzte er auch ein anderes Becken ohngefähr 8 Zoll tief unter den Erdboden, und wählte einen Ort, wo Regen und Dünſte hinfallen konnten, der aber doch gegen die Wirkungen der Sonne und des Windes geſchützt war; und damit alles Waſſer, welches auf den Boden niederfallen dürfte, ununterbrochen bis zum Boden des Beckens durchdränge, in welchem ſich eine kleine Oefnung mit einer Röhre befand, um das Waſſer in ein anderes Gefäße abzuleiten, rottete er ſorgfältig von Zeit zu Zeit das Gras und die Kräuter aus, welche auf der Erde über dem Becken wuchſen. Innerhalb 8 Monaten, nämlich vom 12ten Junius bis zum folgenden 19ten Februar kam kein Waſſer durch die Röhre, und ob es ſchon den 19ten Februar zu laufen anfieng, ſo rührte dieſes jedoch blos allein von der großen Menge Schnee her, welcher gefallen war, und eben jetzt ſchmolz. Von dieſer Zeit an war die Erde in dem Becken immer ſehr feuchte, gleichwohl lief das Waſſer erſt einige Stunden nach dem Regen ab, und hörte ſobald zu laufen auf, als die gefallene Menge durchgeſickert war.

Ein Jahr nachher wiederhohlte er den nämlichen Verſuch, vergrub aber das Becken ſechzehn Zoll unter den Erdboden, wobe er zugleich ebenfalls Sorge trug, daß

der Boden immer gegen Sonne und Wind geſchützt war, und kein Gras auf demſelben wuchs. Die Wirkung war faſt die nämliche wie vorher, ausgenommen daß, nachdem ein beträchtlicher Zeitraum ohne Regen hingegangen, die Erde etwas trocken wurde, ſo daß ein erfolgter mäßiger Regen ſie nicht ſo ſehr anfeuchtete, daß etwas abfloß.

Die Vegetabilien und Früchte verzehren ungleich mehr Feuchtigkeit als man insgemein angenommen hat, oder überhaupt zugeſtehen will; ihr Verbrauch iſt ſo groß, daß aller Regen, welcher fällt, nicht hinreichend iſt, ſie mit der Menge zu verſehen, die ihr Wachsthum erforderlich macht. Herr de la Hire pflanzte Kräuter auf den Boden über dem im letzten Verſuche erwähnten Becken, und fand, daß als dieſe einigermaßen herangewachſen waren, der Erdboden, anſtatt Waſſer nach dem Regen zu geben, nicht ſo viel empfangen hatte, um die Kräuter hinreichend zu nähren, ſondern daß ſie vielmehr welk wurden und vertrocknet ſeyn würden, wenn er ſie nicht von Zeit zu Zeit beſprengt hätte. Dr. Hales fand, daß eine Pflanze innerhalb 21¼ Tagen alles Waſſer der Erde an ſich zog, worauf ſie wuchs, ſo daß ohne fernern Erſatz von unterwärts ſie nach dieſem Zeitraume eingegangen wäre; und gleichwohl hat er hierbey noch keine Rückſicht auf dasjenige genommen, was dieſe Erde zu der nämlichen Zeit verdunſtete. Dieſe Bemerkungen, welche durch ungleich mehrere beſtärkt werden könnten, beweiſen überflüſſig, daß nicht nur das Regenwaſſer kaum gegen zwei Fuß tief dringet, ſondern auch daß die Menge, welche fällt, noch nicht zum Wachsthum der Vegetabilien hinreicht, und daß alſo die Pflanzen noch irgend einen andern Nahrungsquell haben müſſen.

Es giebt beinahe überall Quellen, welche gleichförmig und immerfort Waſſer zu jeder Jahreszeit geben,

und die, da ſie weder bei Regen noch Dürre einige Veränderung leiden, auf keine Weiſe von dieſen Urſachen abhängig ſeyn können. Herr Derham *) beſchreibt eine ſolche, die er ſelbſt beſtändig beobachtete, und auf welche ſich die Hypotheſe von Regen und Dünſten auf keine Weiſe anwenden läßt.

Auch giebt es Quellen, welche in den höchſten Gegenden manches Landes, ohne der Abhang eines entferntern Gebürges zu ſeyn, woher ſich ihr Urſprung erklären ließe, zu nahe an deren Gipfel entſpringen, als daß ſie von dem daſelbſt gefallenen Waſſer hergeleitet werden könnten.

Die Ausdünſtungen der See, nachdem ſie an hohen Gebürgen verdichtet worden, und daſelbſt eingezogen, ſind auf keine Weiſe hinreichend, um Quellen und Flüſſe zu erzeugen; **) denn welche Wirkung dieſe Dünſte auch in den ſüdlichen Weltgegenden, und auf Inſeln, welche mitten in dem Oceane liegen, zu haben ſcheinen mögen, auf die Quellen des feſten Landes und der nordlichen Erdgegenden läßt ſich davon keine Anwendung machen. Auch haben die Vertheidiger dieſer Hypotheſe nicht bedacht, daß wo die Ausdünſtung des Tages ſo häufig iſt, der Thau der Nacht, welcher wieder auf die nämliche Oberfläche (See oder Land) fällt, beinahe in gleichem Verhältniſſe ſtehe; ſo daß auf dieſem Wege viel weniger gewonnen worden iſt, als man insgemein angenommen hat. Auch zeigt Dr. Derham, daß Quellen in niedrigen Erdſtrichen, wo keine Berggipfel ſind, an denen die Dünſte ſich verdichten könnten, ſehr reichlich ſtrömen, und in ihrem Laufe ſelbſt zu ſolchen Zeiten anhalten, wo die größte Dürre herrſcht.

*) Philoſ. Tr. No. 289 u. 313.

**) Memoirs of Litterature Aug. 1725. *Jones* phyſiolog. Disquiſ. p. 490. *Catcott* on the deluge p. 174.

Auch fallen die Dünſte und der Regen eben ſowohl auf die See als auf das Land, und die Oberfläche der See muß für noch einmahl ſo groß gehalten werden, als das trockne Land. Wir können daher mit allem Rechte vorausſetzen, daß zwei Dritttheile deſſen, was in Dünſten aufſteigt, wieder dahin zurückgeht, woher es kam, ohne auf das trokne Land zu fallen.

Niemand wird läugnen, daß Regen und geſchmolzener Schnee viele zufällige Quellen erzeugen, und das ſtärkere Ergießen der Flüſſe zuwege bringen; allein dies iſt ein zufälliger Umſtand und daraus läßt ſich keineswegs auf eine befriedigende Art der anhaltende Erſatz und diejenige ungeheuere Menge Waſſer erklären, welche beſtändig in Bewegung iſt.

Ich will daher nun den unterirdiſchen Vorrath *) und die Dünſte näher betrachten, die von daher aufſteigen. Es iſt eine allgemein bekannte Thatſache, daß wir allezeit Waſſer finden, wenn wir tief genug in die Eingeweide der Erde dringen, und zwar um ſo mehr, je tiefer wir kommen. Hieraus muß man ſchließen, daß ihre Vorräthe von nichts abhängen, was ſich auf der Oberfläche ereignet, denn ſonſt würden ſie ſich vielmehr vermindern, und endlich aufhören, ſo wie wir tiefer kämen, indem der Zufluß von daher ſich in Quellen und Flüſſen auf der Oberfläche ausbreitet. Da nun das Gegentheil Statt findet, ſo folgt natürlich, daß ſich alſo die Quellen nicht oben, ſondern unten befinden. Beim Durchſchlagen der Minen iſt es etwas ſehr gewöhnliches, daß man auf Adern, ſo wie

*) Diejenigen, welche ſich von dieſen unterirdiſchen Vorräthen vollkommn überzeugen wollen, verweiſe ich auch Calcott on the Deluge und Jones's Disquiſitions p. 525.

nicht ſelten auf große und ſtarke Waſſerſtröme in unglaublicher Menge ſtößt, welche entweder die Werke überſtrömen, oder eine immerwährende Ableitung erforderlich machen.

Wenn die Erde durchgraben wird, ſo giebt ſie eben ſowohl Waſſer, als der thieriſche Körper, welcher voller Gefäße iſt, Blut giebt, wenn er verwundet wird. Je tiefer nun die Wunde iſt, deſto größer iſt das Ergießen des Bluts, weil die ſtärkſten Kanäle tief liegen, und die ſtärkſten von allen, welche die übrigen verſorgen, in dem Mittelpunkte des Körpers ſich befinden.*) Eben dies iſt auch der Fall mit dem Körper der Erde; die Waſſerausflüſſe, die man nahe an der Oberfläche bemerkt, erhalten ihren Zufluß aus Behältern, welche tiefer liegen, und dieſe werden wieder von größern und tiefern genähret, bis wir zu dem großen Sammelplatze aller gelangen, der eine allgemeine Gemeinſchaft zwiſchen den Wäſſern des Landes, und denjenigen der See unterhält.

Diejenigen, welche Augenzeugen von dem geweſen ſind, was ſich innerhalb der Erde ereignet, ſind allgemein der Meinung, daß daſelbſt eine beſtändige Erzeugung von Dünſten Statt finde, ob ſchon zu gewiſſen Zeiten mehr als zu andern; daß hier oft eine ſehr merkliche Wärme in den größten Tiefen, ſo wie auch verſchiedene Merkmale gefunden werden, daß Feuchtigkeiten von den niedrigern Gegenden anfwärts ſteigen. Scheuchzer, welcher dergleichen Unterſuchungen ſehr oft angeſtellt hat, ſagt, „ich bin vollkommen überzeugt, daß aus den innerſten

*) Etwas weit hergehohlt ſcheint nun wohl dieſe Vergleichung zu ſeyn, wenn auch die Hypotheſe, die der Verf. annimmt, allen Grund für ſich hätte. G.

Eingeweiden bis an den Gipfel der Berge vermittelſt der unterirdiſchen Wärme ſehr viele Waſſerdünſte aufſteigen.“ Da nun die Wäſſer der See ſalzig ſind, indeß die Quelwäſſer des Landes ſüß und folglich leichter ſind, ſo wird eine Säule Seewaſſer einer höhern Säule von ſüßem Waſſer das Gegengewicht halten. Wenn daher das Waſſer tiefer Seen irgend eine Verbindung mit dem Lande hat, ſo muß das Waſſer vermöge ſeiner Schwere nach ſtatiſchen Geſetzen bis zu irgend einer Höhe ſteigen, indem es entweder durch Kanäle läuft, oder durchſintert; denn Waſſer unterhalb einer Maſſe von troknem Sande erhebt ſich bis zu deſſen Oberfläche. *) Sir Iſaac Newton unternahm dieſen Verſuch mit einer Röhre, die er mit trockner Aſche füllte, und fand daß das Waſſer mit großer Leichtigkeit hindurchſtieg. In den felſigten Höhlen der Gebirge kann durch das allmähliche Aufſteigen der Dünſte viel bewirkt werden; die Dünſte werden verdichtet, ſo wie ſie nahe an die Luft kommen, und das Waſſer träufelt ſodann durch diejenigen Riſſe und Felſenklüfte abwärts, wo es irgend einen Ausweg findet.

Wenn man nach Quellen auf kleinen Inſeln, und in Ländern gräbt, welche nahe an der See liegen, ſo findet man gewöhnlich Adern von etwas ſalzigem Waſſer, welche denn ſicher von der See ihren Urſprung nehmen. Waſſer, welches entfernter, und in einer größern Höhe von der See ſich befindet, wird nach und nach immer ſüßer, je weiter es ſich durchgeſeihet hat. Hier iſt der Proceß offenbar und handgreiflich. Da ſich nun in der Erde überall Adern und Spalten befinden, und viele ihrer La-

*) Seit der Herausgabe dieſes Werks iſt eine Maſchine zu Reinigung des Waſſers vermittelſt des Aufſteigens nach der Erfindung des Herrn Peacoks bekaunt gemacht worden.

ger von einer lockern und durchdringbaren Materie ſind, ſo muß ſie mit der See bis zu großen Entfernungen Gemeinſchaft haben; wo aber die Entfernung ſo groß iſt, daß ſeitwärts kein Zufluß Statt haben kann, da werden jene tiefern Communicationen, von denen wir ſo viele Beweiſe haben, nie ermangeln; und wo Durchſeigerung nicht hinreicht, da werden die ununterbrochen aufſteigenden unterirdiſchen Dämpfe dieſen Erſatz leiſten.

Kurz, wo man auch unter die Oberfläche der Erde gräbt, ſehr wenige Stellen etwa ausgenommen, da wird Waſſer gefunden, und es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß durch dieſes unterirdiſche Waſſer Quellen und Flüſſe, ja ſelbſt ein großer Theil der Vegetation, unterhalten werden. Dieſes unterirdiſche Waſſer, welches als Dampf von der innern Wärme der Erde gehoben wird, iſt es, welches die Pflanzen nährt. Dieſes unterirdiſche Waſſer iſt es, welches durch die Zwiſchenräume der Erde dringt, und nachdem es abgekühlt, ſich in Quellen verwandelt, die, durch den Beitritt des Regens zu Flüſſen angeſchwellt, Fülle über den ganzen Erdboden ergießen.

Dieſes Räſonnement kann durch einen ſehr unterhaltenden Apparat erläutert werden, welcher von den umherziehenden Italiänern öffentlich auf den Straßen verkauft wird. Die Röhre iſt ohngefähr drei Fuß hoch, und an einem Brete befeſtiget; oben bildet die Röhre eine Kugel, welche eine große Menge Waſſer enthält, und läuft dann in geringerer Stärke bis zum Boden fort, wo ſie aufwärts gekrümmt, und mit einer andern Kugel verſehen iſt, von welcher aufwärts eine andre kleinere Röhre ausgeht, die auf eine unregelmäßige hin und hergehende Art bis oberhalb gebogen iſt, wo ſie ſich wieder unterwärts krümmt, und mit der obern Kugel verbunden iſt. Innerhalb der untern Kugel iſt ein Theil der Röhre ſo verengt, daß dadurch

ein Quell oder Waſſerſtrahl aufſteigen kann. Ich gieße jetzt durch dieſe Oefnung gefärbtes Waſſer in die Röhre, und laſſe es darin ſteigen, bis es die obere Kugel gefüllt hat. Die Luft in der untern Kugel wird nun durch den Druck des Waſſers, welches ins Gleichgewichte zu kommen ſtrebt, verdichtet und treibt durch ihre Gegenwirkung und Federkraft das Waſſer aufwärts durch die kleine Röhre und alle ihre Windungen. Das Waſſer fällt, wie ſie ſehen in die obere Kugel, und macht ſolchergeſtalt ſolange einen beſtändigen Kreislauf, als noch einiges Waſſer ſich in der obern Kugel befindet. Wenn Sie ſich nun unter der obern Kugel die See, unter den untern Kugel der Abgrund, und unter dem Waſſerſtral einen Quell vorſtellen, welcher von da in die hohlen Theile der Erde dringt, und nachdem er durch lange enge windende Gänge und Spalten die Oberfläche erreicht hat, von den Kanälen des Fluſſes wieder in die See fortgeführt wird, ſo kann dies als eine paſſende Vorſtellung des einen durch das andre, und als ein Experimental-Erläuterung der Möglichkeit eines ſolchen Kreislaufs angeſehen werden.

Von der Salzigkeit der See.

Kaum hat man in der Phyſik einen ſtreitigen Punkt behelliget, als ſich ſogleich wieder ein andrer darbietet, worüber noch bis gegenwärtig keine hinreichende Auflöſung hat gegeben werden können. Die erſte Urſache der beſondern bittern Salzigkeit, welche das Seewaſſer karakteriſirt, zu entdecken, hat die Phyſiker aller Zeitalter beſchäftiget, und ſchon vor langen Zeiten hatte P. Kircher die Bemerkung gemacht, daß die Wogen des Oceans vielleicht kaum verſchiedener ſeyn dürften, als die Meinungen der Menſchen in Anſehung der ſaliniſchen Schwängerung deſſelben. Dr. Halley, welcher oft durch oberflächliche

Speculationen das Anſehen der Bibel zu ſchwächen ſuchte, glaubte, nicht nur die wahre Urſache der Salzigkeit der See entdeckt zu haben, ſondern auch aus ſeinem angenommenen Grundſatze zugleich das Alter der Welt mit Zuverläſſigkeit beſtimmen zu können. Er nahm nämlich als Grundſatz an, daß das Waſſer der See ſeine Salzigkeit vom Lande ziehe, indem beſtändig eine wiewohl geringe Menge Salz vermittelſt der Flüſſe vom Lande abgewaſchen, und in die See geführt werde, welche nach und nach ihre gegenwärtige Menge an Salz von dem ſo lange Zeit her erfolgten Einſtrömen der Flüſſe erlangt habe. Das Waſſer, welches auf dieſe Art in die See durch die Flüſſe geführt werde, verdunſte zwar wieder, es ſteige aber nur ſüßes Waſſer von der See in Dünſten auf, und das Salz bleibe zurück. Die Menge des ſolchergeſtalt der See zugeführten Salzes müſſe daher, weil es darin zurückbleibe, ſich beſtändig vermehren, und die See folglich jedes Jahr ſalziger werden. Wenn alſo, ſagt Halley, der Zuwachs an Salz in einer gegebenen Reihe von Jahren, oder für ein gewiſſes Zeitalter, ausgemittelt werden könnte, ſo dürften wir alsdann im Stande ſeyn, vermöge dieſes Verhältniſſes, den Zeitpunkt zu entdecken, wenn die See zuerſt anfieng ſalzig zu werden, d. i. wenn die Welt entſtand. Den Unglauben mag es indeſſen freilich nicht wenig ſchmerzen, daß dieſes Problem Zeitalter zu ſeiner Auflöſung bedarf. Der Gedanke, die See mit ſüßem Waſſer zu ſalzen, iſt zwar wunderbar, aber eben darum eines ſkeptiſchen Philoſophen würdig. Das Räſonnement iſt indeſſen in vielen Punkten falſch. Denn auch zugegeben, daß die See nur ſüſſes Waſſer ausdampfe, und daß ſolchergeſtalt das Salz, welches ſie enthält, zurück bleibe, ſo ſind wir der Sache doch immer um nichts näher als vorher, wenn wir nicht, während dem die See ſüßes Waſſer durch die Ausdünſtung verliert, alle Flüſſe verſtopfen können, ſo daß während dem kein ſüßes Waſſer dahin Zugang finde,

Dr. Halley behauptet aber, daß ſo viel ſüſſes Waſſer der See vermittelſt der Flüſſe zugeführt werde, als ſie durch die Ausdünſtung verliere; die Flüſſe werden alſo ununterbrochen ſüßes Waſſer zuſtrömen, indeß der Dampf von der Oberfläche aufſteigt. Sie ſehen hieraus, daß, wenn man alles genau erwägt, das Argument keinen Grund hat.

Der Heiſchesatz, worauf das Argument ſich gründet, iſt mithin an ſich fehlerhaft, da er vorausſetzt, daß das Waſſer des Oceans urſprünglich ſüß geweſen ſey, eine Vorausſetzung, die nie bewieſen werden kann; auch treibt man gewiß die Spekulation zu weit, wenn man ein mit der Bildung der Erde gleichzeitiges Phänomen zu erklären ſucht. Wenn nun die See, wie wahrſcheinlich iſt, gleich vom Anfang an ſalzig war, ſo iſt jede Unterſuchung, eine zweite Urſache dieſes Phänomens zu entdecken, unnütz und überflüſſig. Die Salzigkeit der See iſt übrigens zum Weſen dieſes Elements und zum Beſtehen der Erde ſo nothwendig, als die Röthe des Bluts zur Vollkommenheit des Serum in dem thieriſchen Körper. Die Salzigkeit der See iſt eben ſo wenig zufällig, als die Röthe des Blutes iſt. Es iſt eine weiſe Einrichtung des Schöpfers, daß der ungeheure Waſſerkörper, welcher mehr als zwei Drittheile der Erde einnimmt, mit Sazltheilen geſchwängert iſt, indem dadurch nicht nur ſeine eigne Erhaltung, ſondern auch die Salubrität der Atmosphäre erzielet wird. Aus demſelben Grunde iſt auch der Ocean in dem heißen Erdgürtel, wo die Hitze die Fäulniß ſehr begünſtigt, am ſalzigſten, und dieſe Salzigkeit nimmt ab, ſo wie man ſich dem Pole nähert, welches alles von Abſichten zeigt. Auch würde, wenn es wahr iſt, daß die Bewegung und Durchlüftung der See in grßoen Strecken und Tiefen nicht hinreichend iſt, das Waſſer ohne ein gehöriges Verhältniß von Salz friſch zu erhalten, bei Dr. Halleys Theorie die Welt verpeſtet worden ſeyn.

Der Grad der Salzigkeit der See iſt zu verſchiedenen Jahreszeiten, zuweilen ſelbſt in verſchiedenen Tiefen verſchieden.

Dr. Watſon fand zufolge einiger Verſuche auf ſeiner Reiſe von England nach Bombay in Oſtindien, daß die Schwere des Seewaſſers nicht gerade unter dem Aequator am größten war, ſondern wo die Sonne vertikal ſtand, und wo unter ähnlichen Umſtänden die Wärme am ſtärkſten war; daß ferner gleiche Mengen Waſſer aus der Themſe, aus der See bei Teneriffa und zu St. Jago 659, 673½, 780½ Gran wogen. Das Verhältniß dieſer Zahlen kann folgendermaßen ausgedrückt werden: Waſſer aus der Themſe 1000, Seewaſſer von Teneriffa 1022, von St. Jago 1184. Ueberhaupt beſitzt das Seewaſſer gegen $\frac{1}{32}$ oder $\frac{1}{20}$ ſeines Gewichts Salz. Eben dieſer Schriftſteller giebt auch folgendes einfaches Verfahren an, um die Menge des Salzes im Seewaſſer zu ſchätzen, ein Verfahren, welches ſo leicht und einfach iſt, daß jeder Matroſe es verſtehen und ausüben kann. Man nehme ein reines Handtuch, oder irgend ein reines Tuch, trokne es gehörig an der Sonne, oder vor einem Feuer, wäge es ſodann genau, bemerke ſein Gewicht, tauche es in Seewaſſer, und nachdem es herausgenommen worden, ringe man es etwas aus, bis es nicht mehr abtropft; in dieſem feuchten Zuſtande wäge man es wieder, trockne es, und nachdem es vollkommen trocken geworden, wäge man es wieder; der Ueberſchuß des Gewichts des feuchten Tuchs über deſſen urſprüngliches Gewicht iſt das Gewicht des von dem Tuche eingeſognen Seewaſſers; und der Ueberſchuß des Gewichts des Tuchs nachdem es trocken geworden, über deſſen urſprüngliches Gewicht iſt das Gewicht des Salzes, welches das Tuch enthält; vergleicht man nun dieſes Gewicht mit dem Gewichte des von dem Tuche eingeſognen Seewaſſers, ſo erhält man das Verhältniß des Salzes, welches ſich in dieſer Gattung von Seewaſſer befindet.

Gefrornes Seewaſſer wird, nachdem es aufgethauet, ſüſſes Waſſer geben. Um deſſen gewiß zu werden, wurde einiges Seewaſſer von North Foreland genommen. Dieſes ward zum Gefrieren ausgeſetzt und es gab ein Eis, welches vollkommen frei von allem ſalzigen Geſchmacke war. Die ſpezifiſche Schwere des von dem geſchmolznen Eiſe erhaltenen Waſſers war etwas größer als diejenige des deſtillirten Regenwaſſers, und etwas geringer als eine Miſchung von Regen- und Schneewaſſer, das man aus einem Waſſertroge nahm. Der Grad der Kälte, bey welchem das Seewaſſer gefror, war $28\frac{1}{2}$ des Fahrenheitſchen Thermometer, oder $3\frac{1}{2}°$ tiefer, als diejenige Kälte, worin gemeines Waſſer gefriert. Dieſer Unterſchied mag indeſſen nach der Menge des in dem Waſſer befindlichen Salzes bald mehr bald weniger betragen. Das Gefrieren des Seewaſſers wandte man ehedem, und wahrſcheinlich noch jetzt in den nordlichen Theilen von Europa, beſonders in der Abſicht an, um die Unkoſten und die Mühe zu verringern, Salz aus dem Seewaſſer zu ziehen.

In unſerm und andern Ländern ſind eine Menge Verſuche angeſtellt worden, um das Seewaſſer in ſüßes Waſſer zu verwandeln. Das Mittel, deſſen man ſich zu dieſer Abſicht bedient hat, iſt die Deſtillation, und von den verſchiednen Methoden hat man diejenigen des Dr. Irving und des Herrn Poiſſonier am brauchbarſten gefunden. Um Ihnen eine Vorſtellung von dieſem Verfahren zu geben, ſtellen Sie ſich einen Theekeſſel ohne Röhre vor, und mit einer Oefnung am Deckel anſtatt des Knopfs. Wenn dieſer Keſſel mit Seewaſſer gefüllt worden, ſo wird der ſüße Dampf, welcher von dem Seewaſſer, ſo wie es kocht, aufſteigt, durch die Oefnung in den Deckel dringen. Befeſtigt man nun an dieſe Oefnung die Mündung einer Tabackspfeife, deren Rohr aber etwas unterwärts geneigt werden muß, ſo wird der Dampf des

ſüßen Waſſers ſeinen Gang durch das Rohr nehmen, und an ſeinem Ende in einem dazu ſchicklichen Gefäße geſammelt werden können. Dies wird Ihnen eine allgemeine, obſchon freilich immer noch unvollſtändige Vorſtellung von dem Apparate zu dieſem ſo nutzbaren Prozeſſe geben.

Ich habe bereits der auflöſenden Kraft des Waſſers erwähnet, und in einer der vorhergehenden Vorleſungen Ihnen ſolche Gründe angeführt, die hoffentlich hinreichend ſeyn werden, ſie zu überzeugen, daß dieſe Kraft hauptſächlich ſeiner Verbindung mit Feuer, welches in ihm gegenwärtig und wirkſam iſt, zugeſchrieben werden müſſe. Salze ſind diejenigen Subſtanzen, welche es am geſchwindeſten und in der größten Menge auflöſt, indeſſen löſt es nicht eine gleiche Menge von allen Arten von Salzen auf, indem einige darin auflösbarer ſind als andere: auch werden überhaupt alle Salze früher im warmen als im kalten Waſſer aufgelöſt. Wenn Waſſer mit irgend einer Art von Salz bei einem beſtimmten Wärmegrade geſättigt iſt, ſo wird es dieſes Salz ſo lange aufgelöſt erhalten, als es ſeine Wärme behält; allein vermindert ſich die Wärme, ſo wird die Solution trübe, und ein Theil des Salzes fällt zu Boden. Das Niedergefallene wird jedoch ſogleich wieder aufgelöſt, wenn das Waſſer die Wärme wieder erlangt, die es verlohren hatte. Es hängt alſo die Menge des Salzes, welche bei dem Abkühlen des Waſſers niedergeſchlagen wird, theils von dem Grade der Wärme ab, unter welchem die Auflöſung geſättigt wurde, theils von dem Grade der Kälte, welchen die Auflöſung annimmt. So enthält Waſſer von 80 Graden Wärme, wenn es mit Salz geſättigt worden, mehr Salz, als wenn es blos 70 Grad wäre; daher wird auch der Niederſchlag, wenn es bis zu 50 Grad abgekühlt worden, in dem erſten Falle größer ſeyn, als in dem zweiten. Salz löſt ſich langſamer auf, wenn es ſich im kompakten Zuſtande befindet, als

wenn es zu einem feinen Pulver gemacht worden, weil es in der Geſtalt von Pulver dem Waſſer eine ungleich gröſsere Oberfläche darbietet, als wenn es ſich in einem feſten Klumpen befindet.

Wenn Salze mit Waſſer gemiſcht werden, ſo entweicht eine beträchtliche Menge Luft aus dem Waſſer, und die ganze Flüſſigkeit erſcheint trübe, welches von den vielen kleinen Blaſen herrührt, die zu der Oberfläche aufſteigen, und eine Art von Schaum bilden; ſo wie dieſe aber alle aufgeſtiegen ſind, wird ſodann das Waſſer wieder durchſichtig. Dieſe Erſcheinung halte ich darum für bemerkenswerth, weil viele dadurch hintergangen worden ſind, beſonders diejenigen, welche über Mineralwäſſer geſchrieben haben, und nicht ſelten von einem Aufbrauſen in denſelben reden, wo doch in der That keines, und der Anſchein davon nichts anders war, als die Entweichung von Luft.

Je mehr Salz man zu dem Waſſer thut, je langſamer wird es aufgelöſt, und nachdem eine gewiſſe Menge aufgelöſet worden, löſt ſich nichts mehr auf. Der Punkt, wo die Salze aufhören ſich aufzulöſen, heißet der Sättigungspunkt. Das Verhältniß des Waſſers, welches die verſchiedenen Salze zu ihrer Auflöſung erfordern, iſt ſo verſchieden, als es die Salze ſelbſt ſind. Sir Iſaac Newton nahm an, daß eine gleichförmige Vertheilung des Salzes durch einen beſtimmten Raum Waſſer Statt finde; daher denn auch ihre Abſetzung in regelmäßiger Ordnung erfolge. Das Salz bedarf zwar oft einiger Zeit, ehe ſeine Partikelchen ſich gleichförmig durch die ganze Flüſſigkeit vertheilen können, allein dieſe Vertheilung erfolgt doch gewiß nach und nach. Thut man nämlich ein ſchweres Salz, z. B. blauen Vitriol, in ein Glas Waſſer, ſo ſinkt dies zu Boden, und fängt erſt nach einigen Tagen an, ſeine Farbe und Eigenſchaften den Waſſertheilchen, die es unmittelbar umgeben, mitzutheilen. Da nun bloß derjenige

Theil des Waſſers, welcher damit in Berührung ſteht, auf das Salz wirkt, ſo wird dieſer bald geſättiget, und umgiebt, weil er ſolchergeſtalt ſchwerer geworden, das Salz wie eine Atmosphäre; auf dieſe umgebende Atmosphäre wirkt wieder ſeinerſeits der übrige Theil des Waſſers, daher denn innerhalb einem kurzen Zeitraume ein neues Stratum gebildet wird, welches aber weniger Salz enthält als das vorige. So werden denn nach und nach unzählbare horizontale Lager oder Schichten gebildet, welche immer weniger und weniger Salz enthalten. Die Vertheilung erfolgt alſo ſehr langſam, wenn ſie nicht durch Bewegung befördert wird. Die Vitriol- oder Schwefel-Säure wird zum Bleichen verwendet, indem man ſie in dem Waſſer, worin die Leinwand eingetaucht wird, verdünnt. Die Bleicher glaubten anfangs, es ſey genug, die Säure in das Waſſer zu thun; dadurch ward indeſſen immer ein Theil der Leinwand zerfreſſen, weil die Vitriolſäure allzeit zu Boden ſinkt, und daſelbſt eine geraume Zeit verweilt, ehe ſie ſich gleichförmig vertheilt. Dieſem Nachtheile entgehet man, wenn man durch Bewegung die Säure vollkommen damit vermiſcht, denn nachher wird das Salz ſich nie wieder davon trennen.

Eine andre die Auflöſung der Salze begleitende Erſcheinung, iſt die Erzeugung von Kälte. Dieſes Phänomen habe ich ihnen bereits erklärt. Es rührt davon her, daß eine Menge Feuer eingeſogen und verſchluckt wird, um die Flüſſigkeit des Salzes zu unterhalten. *)

*) Bei der Auflöſung der verſchiedenen Salze, theils einzeln, theils gemiſcht, findet man verſchiedene Erſcheinungen, die aber anzuführen hier zu weitläuftig wären; ſie machen überhaupt einen wichtigen Abſchnitt in der Chemie, wohin ich denn dieſerwegen verweiſe. G.

Dreizehnte Vorleſung.

Vom Waſſer im Zuſtande als Eis.

Sie werden ſich aus einer der vorhergehenden Vorleſungen erinnern, daß Waſſer ſich im flüſſigen Zuſtande befindet, wenn es mit einem gehörigen Antheil Feuer verbunden iſt; und daß im Gegentheil, wenn es das Feuer verliert, das mit ihm verbunden iſt, ſeine Partikelchen ſich zuſammenhängen, und eine harte Subſtanz bilden, welche unter dem Nahmen Eis bekannt iſt.

Während dem Gefrieren läßt das Waſſer das Feuer, womit es verbunden war, fahren. Wenn ein Thermometer in ein Gefäß mit gefrierendem Waſſer eingetaucht wird, ſo ſteigt das Queckſilber einige Grade über 32, indeß ein anderes Thermometer in der freien Luft, entweder auf 32° ſtehen bleibt oder wohl gar einige Grade tiefer fällt. Da ein Theil des Feuers, welches im Waſſer gebunden iſt, frei wird, wenn das Waſſer eine feſte Form annimmt, ſo geht es in die Luft über. Eine ähnliche Entwickelung von Feuer bemerkt man bei dem Kriſtalliſiren der Salze. Wenn hingegen Eis ſchmelzt, ſo verbindet es ſich mit einer beträchtlichen Menge Feuer, welches gleichwohl die Temperatur nicht vermehrt, wie Sie aus folgenden Verſuchen ſehen können. Hier iſt ein Pfund Eis von 32°, womit ich ein Pfund Waſſer von 172° miſche: in einigen Minuden wird das Eis geſchmolzen ſeyn, indeß demohnerachtet die Temperatur der Miſchung 32° bleibt; die Menge Feuer, welche das Thermometer bis 140° (140 + 32 = 172) hob, wurde alſo von dem Eiſe verſchluckt und damit

gebunden um ihm eine flüſſige Form zu geben, allein das ſolchergeſtalt eingeſogene Feuer hat keine Wirkung auf das Thermometer.

Das Feuer, welches das Waſſer einſaugt, wenn es eine flüſſige Form annimmt, wird wieder durch das Gefrieren davon getrennt; denn wenn ein Pfund Waſſer von einer Temperatur von 32° mit einer gleichen Menge Eis von 4° gemiſcht wird, ſo wird beinahe ⅕ des Waſſers gefrieren, indeß die Temperatur der Miſchung 32° ſeyn wird. Nun wird aber bei dieſem Verſuche das Eis von 4° bis zum Gefrierpunkte d. i. bis 28° gehoben. Es iſt daher offenbar, daß durch das Gefrieren des fünften Theils eines Pfunds Waſſer eine hinreichende Menge Feuer entwickelt wird, um ein Pfund Eis auf 28° zu heben: nun iſt fünfmal 28 = 140°, alſo iſt das Feuer, welches durch das Gefrieren frei wird, genau gleich demjenigen, welches durch das ſchmelzende Eis eingeſogen wird. Die Herrn Lavoiſier und de la Place haben dieſe Erſcheinung allgemein ſo ausgedrückt. Die erforderliche Menge Feuer, um Eis zu ſchmelzen, iſt gleich drei Viertheilen derjenigen, welche das nämliche Gewicht Waſſer von der Temperatur des Gefrierpunkts zum Siedpunkte erhebt.

Die äußere Luft befördert die Bildung des Eiſes, denn Waſſer in einem verſchloſſenen Gefäße gefriert ſehr langſam; allein der nämlichen Luft frei ausgeſetzt, wird ſich bald Eis erzeugen. Eine ähnliche Erſcheinung ſoll bei dem Kriſtalliſiren der Salze Statt finden; verſchiedene Salzauflöſungen, welche in dieſem Zuſtande in verſchloſſenen Gefäßen verbleiben, ſchießen in Kriſtallen beinahe ſo geſchwind an, als man das Gefäße öfnet, und ſie der Berührung der Atmosphäre ausſetzt.

Eine ſanfte Bewegung, oder eine leichte Erſchütterung der Flüſſigkeit erleichtert die Verwandlung in Eis; beinahe auf gleiche Art werden auch einige Salzauflöſungen durch eine leichte Bewegung zum Kriſtalliſiren gebracht. Es iſt daher wahrſcheinlich, daß die beiden oben erwähnten Umſtände die Trennung des gebundenen Feuers von dem Waſſer erleichtern.

Gekochtes Waſſer kann zu mehreren Graden unter den Gefrierpunkt gebracht werden, ohne zu frieren, als ungekochtes Waſſer, welches mehr Luft enthält.

Subſtanzen, welche die Durchſichtigkeit des Waſſers vermindern, machen zu gleicher Zeit, daß es nicht leicht unter 32° erkältet werden kann, ohne zu gefrieren; vielmehr wird es dadurch geneigt, bei dieſer Temperatur ſogleich in Eis überzugehen.

Fremdartige Subſtanzen, welche chemiſch mit Waſſer verbunden, oder darin aufgelöſet worden ſind, entziehen ihm zwar nicht die Eigenſchaft kalt zu werden, allein ſie verändern doch den Grad, bei welchem dieſe Eigenſchaft anfängt.

Stößt man mit dem Boden eines mit erkaltetem Waſſer angefüllten Glaſes gegen einen Tiſch, ſo entſteht ein augenbliklicheс Gefrieren; indeß das Umrühren des Waſſers, oder das Rütteln deſſelben in der Hand dies nicht bewirkt. Am ſicherſten bringt man ein Gefrieren zuwege, wenn man mit einem Stück Wachſe an der Seite des Gefäßes und zwar unterhalb dem Waſſer reibt; man fühlt dann eine ganz eigene Rauhigkeit bei dem Reiben und es entſteht ſogleich unter dem Wachſe auf dem Glaſe eine Eiskruſte.

Dieſe Verfahrungsarten gelingen allezeit um ſo eher, je kälter das Waſſer iſt; denn iſt das Waſſer nur 4 bis 5

Grade unter dem Gefrierpunkte kalt, ſo geſchieht öfters alles Reiben mit dem Wachſe ganz vergeblich.

Wenn Waſſer unter den Gefrierpunkt erkältet iſt, ſo wird die Berührung deſſelben mit dem kleinſten Stückchen Eis es augenblicklich gefrieren machen, indem von dem Orte aus, wo das Eis das Waſſer berührt, Eisſplitter durch die ganze Flüſſigkeit ſchießen bis alles zum Gefrierpunkte gelangt iſt. Dies iſt einer der artigſten Verſuche im kleinen und wohl wenige von dieſer Art gewähren ein ſo auffallendes Schauſpiel als dieſes, beſonders wenn das Waſſer ſo viel als möglich unter den Gefrierpunkt erkältet worden; und zwar nicht ſo wohl wegen der Pracht und Schönheit, in welcher die Kriſtallen durch die Flüſſigkeit ſchießen, ſondern auch wegen der Schnelligkeit, mit welcher das Queckſilber des darin getauchten Thermometers durch einen Raum von 10 bis 11 Graden lauft, und allezeit bei 32° in reinem Waſſer ſtehen bleibt.

Die Wirkung des Eiſes, das Gefrieren zu beſchleunigen, erklärt verſchiedene Erſcheinungen. An einem ruhigen heitern Tage, als die Temperatur der Luft ohngefähr 20° war, wurden zwei Gefäße mit deſtillirtem Waſſer der Kälte ausgeſetzt; das eine dieſer Gefäße wurde leicht mit Papier bedeckt, das andre aber offen gelaſſen; das erſtere ertrug eine Kälte von mehreren Graden unter dem Eispunkte, indeſſen eine Eiskruſte auf der Oberfläche des andern gebildet wurde, ehe das in die Mitte deſſelben eingetauchte Thermometer noch zum Gefrierpunkte gelangte. Dies rührt alſo höchſt wahrſcheinlich von den Eistheilchen her, welche bei Froſtwetter überall in der Luft herumſchwimmen.

Oel über die Oberfläche des Waſſers gegoſſen, hindert gleichfalls das Gefrieren, indeß andres Waſſer, welches

bloſs der nämlichen Luft ausgeſetzt worden, mit einer Eiskruſte überzogen wird: weil das Oel nämlich verhindert, daß die Eistheilchen mit dem Waſſer in Berührung kommen. Bei gefrierenden Miſchungen wird das Gefrieren öfters dadurch befördert, daß man das eingetauchte Thermometer etwas aus dem Waſſer ziehet, und dann wieder niederſenkt, weil während dem Herausziehen und Einſenken etwas von dem anhängenden Waſſer an der Röhre gefroren iſt.

Um Waſſer in dem größten Grad von Kälte, ohne daß es gefrieret, zu erhalten, muß man es allmählich erkälten, indem man die Kälte der gefrieren machenden Miſchung regelmäßig bloſs zwei oder drei Grade unter derjenigen des Waſſers zu erhalten ſuchet. Plötzliche Erkältung kann man immer als eine von den Urſachen anſehen, welche das Gefrieren beſchleunigen. Metalliſche oder zu dünne Gefäße ſind zu dergleichen Verſuchen nicht tauglich, da ſie das Feuer zu geſchwind durchgehen laſſen. Die kaltmachende Miſchung muß immer etwas unter dem Rande des Waſſers in dem Becher erhalten werden, weil außerdem das Gefrieren an dieſem Orte ſchnell anfängt.

Fahrenheit erkältete Waſſer 15 Grade unter deſſen gewöhnlichen Gefrierpunkt ohne daß es gefror, und Herr de Lüc unter 14°. Ja es iſt nicht unwahrſcheinlich, daß wenn Waſſer durchaus von Luft gereiniget werden könnte, es bis 18° unter dem Gefrierpunkte erkältet werden könnte, ohne zu gefrieren. Andre Flüſſigkeiten können noch ungleich tiefer unter dem ihnen eigenen Gefrierpunkte erkältet werden.

Wenn Waſſer beinahe gefroren iſt, ſo wird ſein Volumen vergrößert, wie ich ihnen durch dieſen einfachen Verſuch zeigen werde. Ich will hier dieſe bis E gefüllte Röhre nehmen, und ihre Kugel in eine Miſchung von

Salz und Eis tauchen; jetzt werden Sie bemerken, daß das Waſſer erſt ſteigt, und zwar wegen des plötzlichen Zuſammenziehens der Kugel beim Eintauchen in dieſes kalte Medium; nun fällt das ſeinerſeits zuſammengezogene Waſſer wieder, und wird einige Zeit auf dieſem Punkte bleiben. Nicht lange kann es dauren, ſo fängt es an, ſich auszudehnen; geben Sie Acht, jetzt iſt es bis H geſtiegen, und nun wird es gleich mit einer gewiſſen Schnelligkeit noch höher ſteigen; jetzt iſt es bis I gelangt. Das Waſſer in der Kugel verliert, wie Sie ſehen, ſeine Durchſichtigkeit, wird wolkig und gefriert. Während dem nun das Eis erhärtet, ſteigt das Waſſer in der Röhre, und jetzt läuft es ſogar über derſelben heraus.

Daß dieſe ausdehnende Kraft des Eiſes ſehr groß ſey, davon will ich Sie durch die umſtändliche Erzählung einiger intreſſanter Verſuche überzeugen. Herr Jones verfertigte ſich eine lange zilindriſche metallene Büchſe mit einem ſtarken Rande; an dieſer brachte er einen Deckel an, welchen er durch einſchleifen in einander auf einer Drehbank genau daran paßte. Er kochte hierauf einiges Waſſer, und zog ſodann noch mit der Luftpumpe ſo viel möglich alle Luft heraus. Hierdurch brachte er es ſo weit, daß, als das Waſſer wieder kalt geworden und unter die Luftpumpe gebracht wurde, ſich nicht die geringſte Luftblaſe zeigte. Mit dieſem Waſſer füllte er nun die Büchſe, bis es über dem Rand eine erhabene Fläche bildete; und nachdem er den Deckel mit einem feuchten Leder belegt hatte, ſchraubte er ihn mit vier eiſernen Schrauben feſt auf die Büchſe. In dieſem Zuſtande hätte wahrſcheinlich die Büchſe von ihrem Deckel vielleicht kaum von einem Gewichte gleich wenigſtens einer halben Tonne getrennt werden können. Jetzt tauchte er das Ganze in eine gefrierende Miſchung, worauf in weniger als einer halben Stunde das Waſſer zu einer feſten Maſſe gefror, und weil ſein Volumen ſich vergrößerte,

ſo wurden die drei Schrauben durch den heftigen Druck überwältigt, und der Deckel an der einer Seite um den vierten Theil eines Zolls über den Rand gehoben.

Um nun dieſe Kraft mit mehr Genauigkeit zu meſſen, machte er einen andern Verſuch mit der nämlichen Büchſe, die er wie vorher mit Waſſer füllte, das er auf gleiche Weiſe von Luft gereiniget hatte, jetzt aber den Deckel nicht aufſchraubte. So wurde ſie jetzt auf ein eichenes Fußgeſtell geſetzt, welches auf einem flach gehauenen Steine von ohngefähr einem Fuß im Quadrat ruhte. Der kürzere Arm eines ſehr ſtarken Hebels druckte auf den Deckel, und war mit noch zwei andern Hebeln verbunden, um die Kraft zu vermehren; an dem Ende des längſten Arms des entfernteſten Hebels wurde eine Schnure befeſtiget, welche über einen Kloben gieng, und ein Gewicht von 28 Pfund trug. Durch dieſe zuſammengeſetzte Vorrichtung wurde der Deckel der Büchſe mit einer Kraft von mehr als 2296 Pfund aufgedrückt. Während dieſes Drucks gefror nunmehr das Waſſer innerhalb, und die Kraft, wodurch das Waſſer gefror, überwältigte die ganze gegendrückende Kraft der Maſchine. Dieſer Verſuch war gleichwohl nicht ganz entſprechend; denn als das Waſſer anfieng zu gefrieren, und der Deckel der Büchſe von dem Rande gehoben wurde, gab der Grund unter dem Drucke nach, und der flache Stein, welcher dem Fußgeſtelle zur Unterlage diente, ſank etwas unterhalb ſeiner erſten Lage. Auf dieſe Art wurde alſo ein Theil der Kraft auf den Grund verwendet und erſt nachdem der Grund nicht weiter mehr nachgab, äußerte ſie ihre Wirkung auf die Maſchine. Dieſe Wirkung war indeſſen doch noch ſo merklich um zu beweiſen, daß die Kraft wenigſtens über eine Tonne und 296 Pfund betragen habe. Die Büchſe betrug am Inhalte $5\frac{7}{10}$ Kubikzoll. Sollte dieſe Kraft nicht vom Feuer herrühren, welches das Gleichgewichte wieder herzuſtellen

ſucht, nachdem es unterbrochen worden? denn Licht und Feuer können große Wirkungen in der Natur hervorbringen, wenn ſie keine merkliche Wärme äußern.

Durch die ausdehnende Kraft des Eiſes zerborſt Huyghens eine eiſerne Röhre, welche einen halben Zoll ſtark war. Bei den Verſuchen der Akademie del Cimento wurden mit Waſſer angefüllte Bomben, und die ſtärkſten Gefäße zerſprengt, wenn das Waſſer in ihnen gefror.

Wenn Waſſer zu Eis gefriert, ſo wird eine große Menge von Blaſen erzeugt, und in demſelben eingeſchloſſen; da dieſe Blaſen während dem Gefrieren erzeugt werden, ſo vermehren ſie das Volumen des Waſſers, und machen dadurch das Eis ſpezifiſch leichter, und fähig, daß es auf dem Waſſer ſchwimmen kann. Daß dieſe Blaſen gröſtentheils die Urſache dieſer Ausdehnung ſind, ſieht man aus den Verſuchen des Mariotte und Mairan, welche Eis, welches aus Waſſer entſtanden, nachdem es von der Luft gereiniget worden, merklich ſchwerer fanden, als ſolches, welches aus einer gleichen Menge gewöhnlichen Waſſers erzeugt worden war. Nach Mairan übertraf Eis, welches aus Waſſer entſtanden, nachdem dieſes von der Luft gereiniget worden, $\frac{1}{22}$ im Umfange das Volumen das Waſſer, welches es gegeben; indeß Eis, welches aus Waſſer entſtanden, das nicht von der Luft gereinigt worden, das Waſſer $\frac{1}{9}$ oder $\frac{1}{10}$ im Volumen übertrift; es ſchwimmt daher mit ohngefähr dem zehnten Theile ſeiner Dicke außerhalb auf, oder über dem Waſſer, welches es trägt. Hieraus können Sie auf die außerordentliche Dicke des Eiſes in den nordlichen Seen ſchließen, wo der über die Oberfläche hervorragende Theil nicht ſelten höher iſt, als die Maſten der gröſten Schiffe.

Wenn eine Strecke Eis in großen Maſſen über den Boden verbreitet iſt, und andres Eis ſich unterhalb zu

bilden fortfährt, wo gleichwohl kein Raum zu deſſen Ausdehnung vorhanden iſt, wie bei den Gletſchern in der Schweiz, dann dehnt das Eis unterhalb ſich zuweilen mit ſolcher Kraft aus, daß es die obern Lagen mit heftigen Exploſionen zerſprengt. In den kalten Himmelsſtrichen der Polarländer ſind dieſe Exploſionen häufig, und zuweilen ſo ſtark wie der Schall einer Kanone.

Man bedienet ſich der ausdehnenden Kraft des Eiſes bei verſchiedenen Gelegenheiten zu Schonung und Erleichterung der menſchlichen Kräfte, und um Dinge auszuführen, die die Kunſt nicht ſelten gar nicht im Stande iſt zu bewerkſtelligen. Blöcke von Schieferſtein, welcher aus lauter dünnen Platten oder auf einander liegenden Schichten beſteht, die durch kein Werkzeug getrennt werden können, werden aus dem Steinbruche gefördert, und dem Regen ausgeſetzt, der ſich dann in di: Poren des Steins hineinzieht, und daſelbſt zu Eiſe gefriert, welches ſodann vermöge ſeiner Expanſion den Stein in dünne Platten ſpaltet. In den Eiſenwerken füllt man bisweilen, um alte Bombenſchalen zu zerbrechen, dieſelben mit Waſſer, verſtopft ſodann die Oefnung, und ſetzt ſie dem Froſte aus, wo ſie denn auf dieſe Art ohne alle Mühe in Stücke zerbrochen werden. Wollen Sie daher, daß irgend eine Flüſſigkeit gefriere, zugleich aber das Gefäß nicht Schaden nehme, ſo müſſen Sie wegen der erfolgenden Ausdehnung hinreichenden Raum darin laſſen.

Die Wirkungen dieſer Ausdehnung bemerkt man an tauſenderlei Erſcheinungen. Bäume zerberſten, Felſen werden zerriſſen; der Walnußbaum, die Eſche, und Eichenbäume ſpalten zuweilen mit einem Geräuſche gleich der Exploſion von Feuergewehren von einander.

Nicht weniger wunderbar ſind die Wirkungen der äußerſten Kälte; metalliſche Subſtanzen erregen dann auf

der Haut Blaſen, wie rothglühendes Eiſen; die in die Lungen eingezogne Luft ſchadet ihnen, und verurſacht Huſten.

Als die Franzöſiſchen Mathematiker zu Tornea in Lapland überwinterten, verwandelte die äußere Luft, wenn ſie plötzlich in ihr Zimmer eindrang, die Feuchtigkeit der Luft in Schneewirbel. Ihre Bruſt ſchien zerſpringen zu wollen, wenn ſie dieſelbe athmeten, und es war ſchon ihren Körpern beinahe unerträglich, wenn ſie mit der äußern Luft in Berührung kamen. Die wäßrigen Theile des Weingeiſtes, welcher nicht aufs höchſte rektifizirt war, zerſprengten verſchiedene ihrer Thermometer.

Außerordentliche Kälte unterbricht und vernichtet das thieriſche Leben. Siebentauſend Schweden kamen auf einmal um ihr Leben, als ſie es verſuchten, über die Gebürge zu gehen, welche Norwegen von Schweden trennen. In Fällen von ſo außerordentlicher Kälte iſt einem anfangs ſehr unbehaglich und man ſchauert vor Froſt; man wird ſodann ſorglos und verdroſſen weiter fort zu gehen, oder ſich die erforderliche Bewegung zu machen, um ſich warm zu erhalten; endlich wird man ſchläfrig, und ſetzt ſich nieder, um ſich durch Schlaf zu erfriſchen, aus dem man jedoch nie wieder erwacht. Ein Beiſpiel davon ſahe man zu Terra del Fuego, wo Dr. Solander nebſt einigen andern, nachdem ſie eine Exkurſion in das Land gemacht, eine ſo außerordentliche Kälte erfuhren, daß ſelbſt einer aus ihrer Geſellſchaft dabei das Leben verlohr. Der Doktor ſelbſt, ohnerachtet er vorher ſeine Gefährten vor der Gefahr des Schlafs bei dieſer Lage der Umſtände gewarnet hatte, konnte es nicht über ſich erhalten, dieſen gefährlichen Verſuch zu machen; und wiewohl er mit aller möglichen Geſchwindigkeit geweckt wurde, ſo ſchrumpfte ſein Körper doch ſo zuſammen, daß ihm die Schuhe von den Füſſen fielen, und er nur mit der äußerſten Schwierigkeit wieder hergeſtellt werden konnte.

In dieſen Gegenden der Welt, wo ſo ungeheure Eismaſſen erzeugt werden, verurſacht die Anhäufung deſſelben, weil dadurch das Feuer aus der Atmosphäre eingeſogen wird, große Unfruchtbarkeit in den nahegelegenen Ländern, wie dies beſonders der Fall auf den Inſeln Island, Greenland, Statenland u. a. m. iſt.

Das Eis iſt einer immer fortfahrenden Verminderung ſeines Gewichts unterworfen, wenn es der gemeinen Luft ausgeſetzt wird. Boyle ſetzte zwei Unzen Eis einer ſcharfen gefrierenden Luft etwas vor Mitternacht aus, und fand es früh um 10 Gran am Gewichte vermindert. Bei lang anhaltenden Fröſten wird das Eis, welches in Sümpfen, und andern geringen Waſſeranſammlungen entſtanden, jeden Tag merklich vermindert, und nicht ſelten verdunſtet es ganz. Eebn ſo nimmt auch der gefallene Schnee bei noch ſo ſtrenger Jahreszeit in wenig Tagen beträchtlich ab. Die Haupturſache dieſes Verluſts am Gewichte ſcheint die Luft zu ſeyn, welche unaufhörlich auf die Oberfläche des Eiſes wirkt und es gleichſam abſchabt.

Ohnerachtet dieſes Verluſts am Gewichte, dem ſowohl Eis als Schnee bei ſehr kalter Witterung unterworfen ſind, und des Aufthauens, welches ſie bei warmer Witterung erfahren, haben doch einige gezweifelt, ob nicht die Menge des gefrornen Waſſers ſich immer mehr vermehre. De Lüc ein großer Phyſiker, welcher die Beſchaffenheit der Alpen aufs genaueſte kennt, druckt ſich über dieſen Gegenſtand folgendermaßen aus: „Man kann an der Vergrößerung aller Gletſcher der Alpen nicht zweifeln; ihr Daſein iſt ein Beweis, daß in vorigen Zeitaltern die Menge an Schnee, welche während dem Winter gefallen, die Menge übertroffen habe, welche während dem Sommer geſchmolzen. Nun iſt nicht nur die nämliche Urſache noch jetzt vorhanden, ſondern die Kälte, welche

durch die bereits gebildete Eismaſſe verurſacht wird, muß ſie auch noch ferner vermehren, und es muß daher immer mehr Schnee fallen, und eine geringere Menge geſchmolzen werden.“

Indeſſen wenn wir nun auch dieſes zugeſtehen, ſo folgt demohnerachtet noch auf keine Weiſe, daß eine jährlich ſich vermehrende Menge Statt finde; denn auſſer der Wärme der Luft im Sommer giebt es auch noch eine andre Urſache, welche jede unbeſtimmte Vermehrung des gefrornen Waſſers zu verhindern ſucht, — nämlich die innere Wärme der Erde. Die allgemeine Wärme der Quellwaſſer, welche tief in den Eingeweiden der Erde liegen, iſt 48 Grade. In gebürgigen Gegenden kann ſie etwas weniger betragen, indeſſen wird ſie aber doch immer zu der Abſicht hinreichend ſeyn, deren ich hier erwähnet habe. Wenn die Lage Schnee, welche auf irgend einem Striche Landes liegt, nur dünn iſt, ſo kann ſie die Erde nur ſo weit erkälten, daß die innere Wärme alsdenn nicht im Stande iſt, den Schnee zu ſchmelzen; allein iſt dieſe Decke ſtark genug, um die Erde gegen den Einfluß der atmosphäriſchen Kälte zu ſichern, ſo wird dieſe Oberfläche der Erde, ſelbſt in den kälteſten Wintern, mehr Wärme von der Erde, als Kälte von der Atmosphäre empfangen, und daher zu allen Jahreszeiten aufgelöſet werden. *)

Dieſe Behauptung beſtätigt ſich durch die That, denn ganze Waſſerſtröme brechen von dem Boden der Gletſcher auf den Alpen ſelbſt bei der größten Strenge des Winters hervor; ſo daß, man nehme nun die innere Wärme der Erde als eine hinreichende Urſache, um die Erſcheinung zu erklären, an oder nicht an, doch ein be-

*) Watſon's Chemiſtry, Vol. III. p. 184.

ſtändiges Aufthauen des Eiſes oder des Schnees, welche mit der Oberfläche der Erde auf den Alpen in Berührung ſind, nicht geleugnet werden kann. Dies nebſt verſchiedenen andern Urſachen macht es ſehr wahrſcheinlich, daß die Menge des gefrornen Waſſers ihre Gränzen habe, und zwar ſelbſt in den kälteſten Ländern.

Eis ſcheint eine Art von verworrener Kriſtalliſation zu ſeyn. Herr de Mairan beobachtete, daß die nadelförmigen Kriſtallen des Eiſes ſich unter einem Winkel von 60 oder 120° vereinigen. Wenn ein Stück Eis, welches Waſſer in ſeinem innern Theile enthält, zerbrochen wird, ſo läuft das Waſſer aus, und man findet, daß die innere Höhle mit ſchönen tetraedriſchen Priſmen überzogen iſt. Dieſe Priſmen ſind oft gegliedert, und gekreuzt. Wenn es zu Moſkau ſchneit, und die Atmosphäre nicht zu trocken iſt, ſo bemerkt man, daß die Luft mit ſchönen Kriſtalliſationen überladen iſt, die regelmäßig flach, und ſo dünne wie ein Blatt Papier ſind. Sie beſtehen aus einer Vereinigung von Fibern, welche aus einerlei Mittelpunkte hervorſchießen, und ſechs Hauptſtrahlen bilden; dieſe Strahlen theilen ſich dann in der Folge in auſſerordentlich ſchwache Blätter. Herr Macquart hat verſchiedene dieſer abgeflachten Strahlen beobachtet, und ſie 10 Linien im Durchmeſſer gefunden.

Hagel und Schnee ſind Modifikationen des Eiſes. Hagel bildet ſich wahrſcheinlich vermittelſt einer ſchnellen Entwickelung des Feuers, wodurch Waſſer flüſſig erhalten wird, und iſt insgemein mit Donner begleitet. Hagel, Schnee und Eis ſind bewundrungswürdige Produkte der großen Operationen in der Natur; und hätten Ihre Sinne Sie nicht gelehrt, wie alle dieſe Dinge aus Etwas entſtehen, und nur die Eigenſchaften des Feuers, der Luft und des Waſſers ſind, die aus einem vorhergehenden Zu-

ſtande in den kompakten übergehen, in welchem wir ſie Schnee, Hagel und Eis nennen, gewiß die Philoſophie würde Sie über ihre wahre Beſchaffenheit eben ſo unwiſſend gelaſſen haben, als über die meiſten materiellen Subſtanzen. Herr Chaptal erzählt folgende ſehr ſonderbare, von ihm ſelbſt zu Montpellier den 29 Oct. 1786 gemachte Beobachtung. „Es fielen an dieſem Tage, ſagt er, vier Zoll Waſſer zu Montpellier, und man hörte einen heftigen Donnerſchlag ohngefähr um 4 Uhr Nachmittags, welcher ſehr nahe zu ſeyn ſchien, und mit einem heftigen Hagelwetter begleitet war. Ein Droggiſt welcher eben beſchäftiget war, den Schaden zu verhüten, welcher ihm von dem Durchſickern des Waſſers durch die Mauer verurſacht werden könnte, erſtaunte nicht wenig, als er gewahr ward, daß das durch die Mauer dringende Waſſer augenblicklich in Eis verwandelt wurde. Er rufte verſchiedene ſeiner Nachbarn, die ſich gleichfalls darüber verwunderten. Eine Viertelſtunde nachher kam ich an dieſen Ort und fand ohngefähr 10 Pfund Eis am Fuße der Mauer. Durch die Mauer konnte es nicht gedrungen ſeyn, das ſahe ich wohl, denn nirgends war eine Lücke zu entdecken. Woher aber ſonſt? Wirkte wohl die nämliche Urſache, welche die Bildung des Hagels in der Atmosphäre verurſachte, ebenfalls in dem Keller?.“

Eine Maſſe Eis, welche durch langſames Gefrieren gebildet wird, ſcheint ſehr gleichartig zu ſeyn, und iſt in einer geringen Entfernung von der zuerſt gefrornen Oberfläche hinreichend durchſichtig, in den innern Theilen hingegen und beſonders gegen die Mitte häufen ſich die Luftblaſen mehr an. Ein ſchnelles Gefrieren verbreitet dieſe Blaſen ohne Unterſchied durch die ganze Maſſe, und hierdurch wird ſie beinahe ganz undurchſichtig, da ſie aus kleinen Theilen von verſchiedenen Dichtigkeiten beſteht; auch wird die obere Fläche rauher und unregelmäßiger als wenn das Gefrieren langſam und allmählich erfolgt.

Das Eis des flieſſenden Waſſers wird auf eine verſchiedene Art von dem des ſtehenden Waſſers gebildet; in dieſem friert zuerſt die Oberfläche, und verdickt ſich nach und nach, ſo wie eine Lage Waſſer nach der andern gefriert; auch geſchieht es ungleich ſchneller, als wenn es in Bewegung iſt.

Wenn die Kälte hinreichend iſt, ſo gefriert das Waſſer an den Rändern eines Fluſſes. Das ſolchergeſtalt gebildete Eis wird indeſſen öfters von dem Strome abgebrochen und weggeführt. Es bildet ſich dann von neuen Eis, welches ſeinerſeits wieder abgebrochen wird, u. ſ. f. Die ſolchergeſtalt entſtandenen Eisſchollen ſind anfangs ſehr ſchwach und werden bey dem erſten leichten Anſtoßen zerbrochen, ſo daß nur ſehr wenige ganz bleiben, ſondern gröſſtentheils in tauſend Stücke zerbrochen werden. Auf dieſe Art wird der Fluß in kurzen mit kleinen Eisſtücken (die das geringſte Hinderniß aufhält) bedeckt, die den Strom herabwärts ſchießen. Nach und nach und durch das Zuſammentreffen mehrerlei Umſtände werden dieſe Stücke immer größer und zahlreicher. Die hierdurch gebildete Eismaſſe iſt ſehr unregelmäßig und undurchſichtig, und mit einer Menge kleiner fremdartiger Subſtanzen, als Strohhalme, Kräuter u. ſ. f. welche ſich an die Eisſtücke angehangen haben, vermiſcht. Durch ihre beſtändige Vergrößerung und durch die mancherlei Hinderniſſe, auf welche ſie in dem Laufe des Fluſſes treffen, als Brücken u. ſ. f. werden dieſe Eisſchollen endlich ſo mit einander verbunden, daß ſie den Fluß ganz bedecken. Bei ſehr ſtrengem Froſte, und in ſehr kalten Himmelsſtrichen frieren die Flüſſe ſehr ſchnell über und über zu. Dr. Goldſmith ſah den Rhein bei einem ſeiner jäheſten Katarakte gefroren, und das Eis ſtand in glaſigten Säulen, wie ein Wald von ſtarken Bäumen, deren Zweige abgehauen worden. Das Eis der kältern Nordländer iſt weit feſter und härter

als das unſrige und läßt ſich kaum mit dem Hammer zerſchlagen. In dem ſtrengen Winter des Jahres 1740 baute man in Petersburg einen Palaſt von Eis nach den Regeln der ſchönſten Baukunſt, und der Glanz deſſelben, wenn die Sonne dagegen ſchien, kam beinahe dem der Sonne ſelbſt bei. Er war 52½ Fuß lang, 16½ Fuß breit und 20 Fuß hoch ohne daß durch die Laſt des obern Theils und des Dachs, welches gleichfalls von Eis war, das Unterſte des Gebäudes im geringſten wäre beſchädigt worden. Die Eisblöcke wurden von der Oberfläche des Nevafluſſes genommen, mit Fleis zugehauen, verziert und auf das regelmäſſigſte zuſammengeſetzt. Um das Wunder noch zu vermehren, ſtanden vor dem Gebäude ſechs Kanonen von Eis, die auf der Drehbank gemacht waren, mit ihren Laffeten und Rädern ebenfalls von Eis, nebſt zwei Mörſern, die nach den nämlichen Verhältniſſen, wie die gegoſſenen, aus Eis gearbeitet waren. Die Kanonen hatten die Größe von Sechspfündern. Man lud ſie mit Schießpulver, feuerte ſie ab und die Kugel aus einer dieſer Kanonen durchbohrte ein zwei Zoll dickes eichenes Brett in der Entfernung von 60 Schritt. Das Eis der Kanonen konnte nach den gewöhnlichen Verhältniſſen nicht viel über 3 bis 4 Zoll dick ſeyn, dem ohngeachtet widerſtand es der Gewalt einer ſo heftigen Exploſion.

In den nördlichen Gegenden leiden feſte Körper durch den Froſt mancherlei Schaden. So gefriert das Zimmerholz offenbar und iſt ſodann ſehr ſchwer zu zerſägen. Mergel, Kalk, und andere minder feſte irdiſche Konkretionen zerfallen oft bei langen und anhaltenden Fröſten. Metalle ziehen ſich durch den Froſt zuſammen; ſo verlohr eine eiſerne Röhre von 12 Fuß Länge nachdem ſie der Luft in einer frierenden Nacht ausgeſetzt worden, gegen zwei Linien von ihrer Länge. Der Ausdehnung des Waſſers habe ich bereits erwähnet. Bäume werden oft durch den

Froſt zerſtört, und erſcheinen, als ob ſie von einer auſſerordentlich großen Hitze verbrannt worden wären.

Insgemein geht der Froſt von den obern Theilen eines Körpers herabwärts; allein wie tief er in die Erde dringe, läßt ſich nicht ſo leicht darthun, da dieſe Tiefe wegen verſchiedener Urſachen, z. B. der Dauer des Froſts, der Beſchaffenheit des Bodens u. ſ. f. ſehr verſchieden ſeyn muß. Nach einem harten Froſte von einigen Tagen grub Boyle in einem Obſtgarten, wo der Boden eben und unbedeckt war, und fand, daß der Froſt kaum $3\frac{1}{2}$ Zoll unter die Oberfläche eingedrungen war. Neun oder zehn hinter einander folgende Froſt-Nächte froren den Boden in dem Obſtgarten blos bis zu einer Tiefe von $8\frac{1}{2}$ Zoll aus. In einem Garten bei Moſkau drang der Froſt bei einer ſehr ſtrengen Witterung blos 2 Fuß tief. Waſſer ſcheint, eben ſo wie Erde, in einer beträchtlichen Tiefe oder Entfernung von der Luft keines ſehr hohen Grades von Kälte empfänglich zu ſeyn; die ungeheuern Eismaſſen, welche in den nordlichen Seen gefunden werden, ſind blos mehrere Eisſchollen, welche ſich unter und übereinander ſchieben, und ſodann durch das Gefrieren des zwiſchenliegenden Waſſers zu einem Ganzen verbunden werden.

Der große Einfluß des Froſtes auf die Vegetabilien iſt eine hinreichend bekannte Sache; allein die Verſchiedenheit zwiſchen den Fröſten eines ſtrengen Winters, und denjenigen der Frühlings-Morgen iſt nur wenig beachtet worden und gleichwohl iſt dies ein Gegenſtand, der unſrer ganzen Aufmerkſamkeit werth iſt.

Die Fröſte eines ſehr ſtrengen Winters ſind ungleich fürchterlicher, als diejenigen des Frühjahrs, da ſie uns die künftigen Produkte der zärtern Theile der vegetabiliſchen Welt rauben; allein zum Glück ſind ſolche

Winter nicht häufig, und ereignen ſich in einem Jahrhundert oft nur einmal; die Fröſte des Frühjahrs hingegen treffen faſt jedes Jahr ein und bringen dadurch im Ganzen weit mehr Schaden.

In Rückſicht der Bäume findet der große Unterſchied Statt, daß die Fröſte eines ſtrengen Winters ihr Holz, ihre Stämme und die großen Aeſte tödten; dahingegen diejenigen des Frühjahrs blos nur ſo viel Kraft haben, den Knoſpen zu ſchaden.

Die Winterfröſte ereignen ſich zu einer Zeit, wenn die meiſten Bäume weder Blätter, Blumen, noch Früchte tragen, und die Knoſpen durch ihre Härte gegen die minder heftigen nachtheiligen Einwirkungen der Witterung geſchützt ſind, beſonders wenn der vorhergegangene Sommer nicht allzu feuchte geweſen iſt. Harte Fröſte, welche ſich ſpät im Winter ereignen, verurſachen großen Schaden, ſelbſt an denjenigen Bäumen, welche ſie nicht zerſtören.

Nicht die ſtrengſte Kälte, oder der anhaltende Froſt iſt es, welcher den Vegetabilien am meiſten ſchadet. Obſchon dieſe Bemerkung der gemeinen Meinung gerade zu entgegen iſt, ſo wird man ſie doch darum nicht weniger richtig, oder auf irgend eine Art der Vernunft widerſprechend finden. Es iſt vielmehr die Feuchtigkeit, oder Näſſe, wodurch der Froſt den Vegetabilien verderblich wird; und daher ſetzt auch alles, was Feuchtigkeit verurſachen kann, ſie dieſen Gefahren aus. Es iſt allgemein bekannt, daß der Froſt jederzeit an niedrigen Orten, wo es beſtändig Nebel giebt, die größten Verwüſtungen unter den Vegetabilien anrichtet. Die Pflanzen, welche an der Seite eines Fluſſes ſtehen, werden ſehr oft von den Frühlings- und Herbſtfröſten zer-

ſtört; indeß diejenigen von der nämlichen Art, welche an einem trocknern Orte ſtehen, wenig oder gar nichts davon leiden. Die niedrigen und feuchten Gegenden der Wälder geben ein ſchlechteres Holz, als die hohen und trocknern. Das Unterholz in feuchten und niedrigen Orten gewöhnlicher Waldungen, ob es ſchon anfangs ſtärker und lebhafter treibt, als dasjenige an andern Orten, erlangt doch nie einen ſo guten Wuchs; denn der Froſt des Frühjahrs tödtet die frühen obern Schößlinge, und nöthigt dadurch die untern Theile der Bäume, Seitenäſte zu treiben. Der Froſt ſchadet ſelten den ſpäten Weinſchößlingen oder Blüthenknoſpen, ausgenommen wenn er plötzlich auf Thauwetter, oder einen lang anhaltenden Regen folgt, wo er denn freilich unter dieſen Umſtänden großen Schaden verurſacht.

Froſt thut mehr Schaden auf einem kürzlich zugerichteten Erdboden als auf andern Stellen, weil die Dünſte hier einen leichtern Durchgang finden, als anderwärts. Bäume, welche erſt kürzlich geſchnitten worden, leiden von den Frühlingsfröſten mehr als andere, weil ſie lebhafter treiben. Seitentriebe an Bäumen ſind den Wirkungen der Frühlingsfröſte mehr unterworfen als die obern; überhaupt ſind die Wirkungen der Frühlingsfröſte ungleich ſtärker nahe an dem Boden als anderwärts.

Nach den nämlichen Grundſätzen können Sie ſich auch erklären, warum die Südſeiten der Bäume, von einem ſtrengen Froſte mehr Schaden leiden, als die Nordſeiten. Vielen Verwüſtungen ſind Bäume und Anpflanzungen an der Weſtſeite ausgeſetzt, wenn nach einem Regen mit Weſtwinde, der Wind plötzlich bei Sonnenuntergange ſich gegen Nord wendet, welches im Frühjahre ſehr häufig der Fall iſt; oder wenn nach einem dicken Nebel vor Sonnenaufgang Morgenwind wehet.

Bei dem Zuſtande der Atmosphäre, welchen wir Froſt nennen, findet eine genaue Vereinigung zwiſchen der Luft

und dem Waſſer in derſelben Statt; daher iſt auch, ausgenommen in großen Breiten, Froſtwetter insgemein helle. Wenn eine ſolche Vereinigung Statt hat, ſo iſt, es ſey im Sommer oder im Winter, die Atmosphäre geneigt, Feuer einzuſaugen, und folglich Froſt hervorzubringen. Daher ſind bei reiner heitrer Witterung, ſelbſt im Sommer und wenn gleich der Tag noch ſo heiß iſt, die Morgen und Abende auſſerordentlich kalt.

Da die Luft beim Froſte, oder bei heller trockner Witterung jederzeit bereit iſt, Feuer von jeder Subſtanz einzuſaugen womit ſie in Berührung kommt, ſo muß ſie folglich einen Theil desjenigen einſaugen, welches in dem Dampfe enthalten iſt, der ſich in ihr befindet.

Obſchon der Dampf fähig iſt, ungleich kälter zu werden als Waſſer, ohne zu gefrieren, ſo muß er doch bei einem fortgeſetzten Einſaugen endlich ſein verborgenes Feuer verlieren, d. i. was zu deſſen Daſein als Dampf erforderlich iſt, und ohne welches er nicht länger Dampf, ſondern Waſſer oder Eis iſt. Wenn ein Froſt einen gewiſſen Grad der Stärke erreicht hat, ſo verlieren alsdenn die überall in der Luft zerſtreuten Dämpfe ihr verborgenes Feuer, die Atmosphäre wird wolkig, der Froſt hört entweder auf, oder wird gelinder, und der Dampf fällt als Regen, Hagel oder Schnee herab, je nachdem die Atmosphäre beſchaffen iſt.

Eis zu machen *).

In vielen Ländern macht die Wärme des Klima das Eis nicht nur zu einem wünſchenswerthen, ſondern ſogar

*) In Rückſicht dieſes und des folgenden Artickels findet man viele bemerkenswerthe Beobachtungen in den Philoſ. Transakt. die zum Theil auch nebſt mehrern in Grens Journ. der Phyſ. aufgenommen ſind. G.

zu einem nothwendigen Artickel, und es iſt daher ein Gegenſtand von Wichtigkeit, ein geſchwindes und wohlfeiles Mittel zu beſitzen, ſich daſſelbe zu verſchaffen. Das wohlfeilſte Verfahren, was bis jetzt entdeckt worden iſt, ſcheint zwar dasjenige vermittelſt Salmiak oder Glauberſalz zu ſeyn; aber auch die Verſuche verdienen erwähnet zu werden, welche von Herrn Cavallo angeſtellt worden ſind, um ein Verfahren ausfindig zu machen, einen hinreichenden Grad der Kälte zu dieſer Abſicht vermöge der Verdunſtung flüchtiger Liquoren zu erzeugen. In dem Verfolge ſeiner Verſuche fand er jedoch, daß Aether beſonders jede andre Flüſſigkeit in Hervorbringung von Kälte übertraf; weil aber dieſe Flüſſigkeit in ſehr hohem Preiſe ſteht, ſo ſann er natürlicherweiſe auf Mittel, wie er ſo angewendet werden dürfte, daß ſo wenig als möglich Verluſt dabei Statt habe.

Der Apparat, um die wenigſte Menge Aether zum Gefrieren des Waſſers anzuwenden, beſteht in einer Glasröhre, welche ſich in eine Haaröffnung endiget, und welche dann auf der Flaſche befeſtiget wird, die den Aether enthält. Um den untern Theil wird ein Faden gewunden, damit ſie den Hals der Flaſche genau fülle. Wenn der Verſuch gemacht werden ſoll, wird der Stöpſel der Flaſche, welche den Aether enthält, weggenommen, und dagegen die erwähnte Röhre aufgeſetzt. Auch muß der Faden um die Röhre vorher mit Waſſer angefeuchtet werden, ehe ſie in den Hals der Flaſche geſteckt wird, um deſto ſicherer das Verfliegen des Aethers zwiſchen dem Halſe der Flaſche und der Röhre zu verhindern. Faßt man nunmehr die Flaſche an ihrem Boden und hält ſie geneigt, ſo kann der ſchwache Strom von Aether, der aus der Oeffnung der Röhre dringt, gegen die Kugel des Thermometers, oder gegen irgend eine Röhre gerichtet werden, welche Waſſer oder irgend eine andre Flüſſigkeit enthält, von der man verlangt, daß ſie gefriere.

Da der Aether ſehr flüchtig iſt, und die Eigenſchaft beſitzt, das Volumen der Luft zu vermehren, ſo iſt keine Oeffnung erforderlich, um der Luft den Eingang in die Flaſche zu geſtatten, indeß die Flüſſigkeit heraustritt. Die Wärme der Hand iſt mehr als hinreichend, um den Aether in einem beſtändigen Strome aus der Oeffnung zu treiben.

Auf dieſe Art brachte Herr Cavallo, indem er den Strom des Aethers auf die Kugel eines Thermometers in einer ſolcher Menge wirken ließ, daß ein Tropfen zuweilen, z. B. alle 10 Sekunden, von der Kugel des Thermometers fiel, das Queckſilber 3° zum Fallen oder auf 29° unter den Gefrierpunkt, wenn die Atmosphäre etwas wärmer als temperirt war. Wenn der Aether ſehr gut, d. i. wenn er im Stande iſt, das elaſtiſche Gummi aufzulöſen, ſo ſind nicht über 20 Tropfen und ohngefähr zwei Minuten Zeit erforderlich um dieſe Wirkung zu erzeugen. Die gewöhnliche Sorte muß hingegen in größerer Menge, und längere Zeit angewendet werden, wiewohl endlich das Queckſilber hierdurch beinahe eben ſo tief herabfällt, als vermittelſt der beſten Art.

Das Verhältniß des erforderlichen Aethers, um Waſſer zu gefrieren, ſcheint ſich mit der Menge des letztern zu verändern; d. i. eine große Menge Waſſer ſcheint eine verhältnißmäßig geringere Menge Aether zu erfordern, um es gefrieren zu machen, als eine kleinere. Zu Anfange des Frühjahrs, ſagt Herr Cavallo, gefror ich eine Viertel-Unze Waſſer mit ohngefähr einer halben Unze Aether. Der Apparat war größer, obſchon in allem dem bereits beſchriebenen ähnlich. Da nun der Preis eines zu dieſer Abſicht hinreichend guten Aethers insgemein 18 Pence oder zwei Schillinge die Unze beträgt, ſo kann mit einer Ausgabe von weniger als 2 Schillingen ein Viertheil einer Unze Eis oder Gefrornes in jedem Klima, und zu

jeder Zeit gemacht, und dieſe herrliche Erfriſchung an Orten verſchaft werden, wo kein natürliches Eis zu haben iſt, und dieſe Erquickung noch niemand genoß. Verlangt man nur ein kleines Stück Eis, z. B. ohngefähr 10 Gran ſchwer, ſo iſt der dazu nöthige Apparat ſehr klein, und die Ausgabe kaum der Erwähnung werth. Eine kleine Büchſe 4½ Zoll lang, 2 Zoll breit, und 1½ Zoll tief enthält den dazu erforderlichen ganzen Apparat, nämlich eine Flaſche, welche 1 Unze Aether faßt, zwei zugeſpitzte Röhren, im Falle daß etwa eine zerbrechen ſollte, eine Röhre, in welcher das Waſſer gefroren werden ſoll, und einen Draht. Vermittelſt der Menge Aether, welche in dieſem kleinen und tragbaren Apparat enthalten iſt, kann der Verſuch zehnmahl wiederhohlt werden. Wer alſo etwa dergleichen Verſuche in heißen Klimaten, und an Orten anzuſtellen wünſchet, wo nicht leicht Eis zu erhalten iſt, hat auſſer dem beſchriebenen Apparat weiter nichts nöthig, als eine größere Flaſche mit Aether.

Von der Erzeugung eines großen Grads von Kälte.

Das Vermögen, Kälte zu erzeugen, iſt beſonders einigen Körpern aus der Klaſſe der Salze eigen. In einer Abhandlung der philoſophiſchen Transaktionen giebt Herr Geoffroy Nachricht von einigen merkwürdigen Verſuchen in Rückſicht der Erzeugung von Kälte. Vier Unzen Salmiak in einer Pinte Waſſer aufgelöſt, machten, daß ſein Thermometer 2¾ Zoll in weniger als 15 Minuten fiel. Eine Unze des nämlichen Salzes in 4 oder 5 Unzen deſtillirtes Waſſer gethan, bewirkte einen Fall des Thermometers von 2¼ Zoll. Eine halbe Unze Salmiak mit 3 Unzen Salpetergeiſt vermiſcht, verurſachte ein Fallen des Thermometers von 2 Zoll und 5 Linien; als man ſich aber der Vitriolſäure anſtatt des Salpetergeiſtes bediente,

ſo ſank es 2 Zoll 6 Linien. Bei dieſem letzten Verſuche bemerkte man, daß die Dämpfe, welche von der Miſchung empor ſtiegen, einen beträchtlichen Grad von Wärme hatten, obſchon die Flüſſigkeit ſelbſt ſo außerordentlich kalt war. Vier Unzen Salpeter mit einer Pinte Waſſer vermiſcht, ließen das Thermometer 1 Zoll 3 Linien fallen; allein eine gleiche Menge Seeſalz brachte es blos 2 Linien tief. Säuren erzeugten jederzeit Wärme, ſelbſt gemeines Salz und deſſen Säure. Flüchtige alkaliſche Salze verurſachten nach Verhältniß ihrer Reinigkeit Kälte, fixe Alkalien aber Wärme.

Nimmt man bei dieſen Verſuchen ſtatt flüſſigen Waſſers Eis, oder noch beſſer Schnee, ſo iſt die Wirkung weit ſtärker und man erzeugt einen höhern Grad von Kälte, als bei den vorher erwähnten Verſuchen. Eine Miſchung von Schnee und gemeinem Salze macht, daß das Fahrenheitiſche Thermometer bis auf 0 ſinkt. Potaſche und pulveriſirtes Eis bringen es noch 8 Grade tiefer. Gießt man zweimal Salzgeiſt auf zerſtoſſenes Eis, ſo fällt das Thermometer auf $14\frac{1}{2}°$ unter 0. Dies iſt der höchſte Grad von Kälte, welchen das Merkurialthermometer zu meſſen im Stande iſt, weil alsdenn das Queckſilber ſelbſt zu frieren anfängt. Will man daher die Wirkung weiter treiben, ſo muß man ſeine Zuflucht zu Weingeiſt, Naphtha, oder einer andern Flüſſigkeit nehmen, welche nicht gefriert. Der höchſte Grad von Kälte, welcher bisher durch künſtliche Mittel hat hervorgebracht werden können iſt 80° unter 0° geweſen. Dieſen Grad brachte man zu Hudſons Bay vermittelſt Schnee und Vitriolſäure zuwege, als das Thermometer auf 20° unter 0 ſtand. Größere Grade von Kälte, als der gegenwärtige, ſind wohl nur angenommen und gedacht worden. Herr M a r t i n e in ſeiner Abhandlung über die Wärme berichtet zwar, daß zu Kirenga in Sibirien, das Merkurialthermometer bis 118° unter

o geſunken ſey; und Profeſſor Braun zu Petersburg als er den erſten Verſuch unternahm, das Queckſilber gefrieren zu machen, beſtimmte den Punkt des Gefrierens auf 350° unter o; allein hiergegen bemerkte Dr. Black, ſobald als der Verſuch ihm bekannt wurde, daß aller Wahrſcheinlichkeit nach der Punkt des Gefrierens weit darüber war. Seine Gründe, daß dies wirklich der Fall war, ſind: daß das Queckſilber regelmäßig nur bis zu einem gewiſſen Punkte ſank, worauf es plötzlich und in einem Sprunge auf einmal 100 Grade fiel. Dies, vermuthete er, könnte von der unregelmäßigen Zuſammenziehung des Metalls herrühren, nachdem es gefroren war; auch bemerkte er, daß ein Thermometer, welches bei dem Verſuche gebraucht wurde, nicht gefror, und um ſehr viele Grade weniger gefallen war. Die Erfahrung hat ſeitdem dieſe Muthmaßung beſtätiget, und es iſt jetzt allgemein bekannt, daß 40° unter o der Punkt iſt, bei welchem das Queckſilber gefriert.

Seit der Entdeckung der Möglichkeit, Kälte durch künſtliche Mittel zu erzeugen, ſind verſchiedne Verſuche über die Wirkung ſaliniſcher Subſtanzen in dieſer Hinſicht angeſtellt worden, und man hat gefunden, daß ſie alle, gehörig angewendet, dieſes Vermögen in einem beträchtlichen Grad beſitzen. Dr. Boerhave fand, daß ſowohl Salmiak als Salpeter, wenn ſie in einem Schmelztiegel gut getrocknet, und zu feinem Pulver verwandelt worden, einen größern Grad von Kälte bewirken, als wenn ſie nicht auf dieſe Art behandelt werden. Seine Verſuche wurden von Hr. Walker, Apotheker in dem Radcliffe Hoſpital zu Oxford, mit dem nämlichen Erfolge wiederholt: allein dieſer fand, daß ſein Thermometer durch eine Auflöſung von Salmiak 32° ſank; dahingegen dasjenige des Boerhave in der nämlichen Auflöſung nur 28° gefallen war. Salpeter brachte es auf 19° herab. Bei Miſchung beider Salze

mit einander fand er, daß das Vermögen, Kälte zu erzeugen, beträchtlich vermehrt war. Mit gleichen Theilen dieſer Salze erkältete er das Waſſer bis 22°, indeß das Thermometer auf 47° an der freien Luft ſtand. Setzte er einiges Pulver von der nämlichen Art hinzu und tauchte zwei kleine Phiolen in die Miſchung, in deren einer gekochtes, in der andern ungekochtes Waſſer war, ſo fand er, daß ſie beide gefroren, allein das ungekochte Waſſer gefror zuerſt.

Der merkwürdigſte Verſuch indeſſen geſchahe mit Salpetergeiſte auf Glauberſalz gegoſſen. Die Wirkung davon war der von dem nämlichen Spiritus auf Eis oder Schnee gegoſſen, ähnlich, und ein Zuſatz von Salmiak machte die Kälte noch ſtärker. Die Verhältniſſe dieſer Ingredienzien, wie ſie Hr. Walker empfiehlt, ſind: konzentrirte Salpeterſäure 2 Theile am Gewichte, Waſſer 1 Theil; von dieſer Miſchung zur Temperatur erkältet 18 Unzen, Glauberſalz 1½ Pfund Averdupois Gewicht und Salmiak 12 Unzen. Bei Zuſetzung des Glauberſalzes zu der Salpeterſäure fiel das Thermometer von 50° bis —1° oder 52 Grade; und bei Zuſetzung des Salmiaks bis — 9°. Hierdurch ſah ſich alſo Hr. Walker im Stande, Queckſilber ohne Eis und Schnee zu gefrieren, während das Thermometer auf 45° ſtand. Zu dem Verſuche wurden vier Pfannen von verſchiedener Größe genommen, ſo daß eine in die andere geſetzt werden konnte. Die größte dieſer Pfannen wurde in ein noch größeres Gefäße geſetzt, worin die Materialien für die zweite gefrierende Miſchung dünne ausgebreitet waren, um abgekühlt zu werden; die zweite Pfanne, welche die Flüſſigkeit, nämlich gehörig verdünnte Vitriolſäure enthielt, wurde in die größte Pfanne geſetzt; die dritte Pfanne, welche die Salze zur dritten Miſchung enthielt, wurde in die Flüſſigkeit der zweiten Pfanne geſetzt; und die Flüſſigkeit zur dritten Miſchung

befand ſich in Phiolen mit weiten Mündungen, welche gleichfalls in die zweite Pfanne eingetaucht wurden, und um die dritte Pfanne herumſchwammen; die vierte Pfanne als die kleinſte von allen wurde mit ihren erkaltenden Materialien in die Mitte der Salze der dritten Pfanne geſetzt. Die Materialien zu der erſten und zweiten Miſchung beſtanden aus verdünnter Vitriolſäure und Glauberſalz; zu der dritten und vierten aber aus verdünnter Salpeterſäure, Glauberſalz und Salmiak in den bereits erwähnten Verhältniſſen. Nachdem die Pfannen auf die oben angegebene Art eingerichtet waren, wurden die Materialien der erſten und größten Pfanne vermiſcht: dieſe Miſchung brachte das Thermometer auf 10°, und erkälteten die Flüſſigkeit in der zweiten Pfanne bis auf 20°, und die Salze für die zweite Miſchung, welche ſich unten in dem großen Gefäße befanden, beinahe eben ſoviel. Die zweite Miſchung wurde ſodann mit den ſolchergeſtalt erkalteten Materialien veranſtaltet, und das Thermometer ſank bis auf 3°. Die Ingredienzien der dritten Miſchung wurden durch Eintauchung in dieſe bis 10° erkältet, und nachdem ſie gemiſcht worden, brachten ſie das Thermometer bis — 15°. Die Materialien für die vierte Miſchung wurden durch Eintauchung in dieſe dritte Miſchung bis gegen — 12° erkältet. Bei ihrer Miſchung ſank das Queckſilber ſehr ſchnell und allem Anſcheine nach bis unter — 40°, obſchon der Dampf, welcher von dem Aufbrauſen der Materialien verurſacht wurde, eine genaue Beobachtung verhinderte. Zur Urſache, warum dieſe letzte Miſchung das Thermometer tiefer als die dritte herabſenkte, obſchon beide aus einerlei Materialien beſtanden, und die letztere von einer niedrigern Temperatur war, nahm man als ſehr wahrſcheinlich an, weil eines Theils die vierte Pfanne keine andere hatte, worein ſie getaucht wurde, um ihr Wärme zu geben, und andern Theils, weil die Materialien feiner gepülvert waren.

Die Verſuche wurden ſodann mit verſchiedenen Veränderungen nochmals wiederhohlt, allein nur Eine Miſchung ſchien dem Dr. Beddoes, durch welchen die Nachricht der Königlichen Societät mitgetheilt wurde, zu irgend einem nutzbaren Vorhaben anwendbar zu ſeyn. Dieſe iſt Vitriolöl mit ohngefähr einer gleichen Menge Waſſer verdünnt, welches durch Auflöſung des Glauberſalzes ohngefähr 46° Kälte und auf Zuſetzung des Salmiaks einige Grade mehr erzeugte. Einmal als Herr Walker eine Miſchung von zwei Theilen Vitriolöl und einem Theile Waſſer verſuchte, ward er gewahr, daß bei einer Temperatur von 35° die Miſchung gerann, als wäre ſie gefroren, und das Thermometer ſtille ſtand; als er aber mehr Glauberſalz zuſetzte, ſo fiel es wieder in kurzer Zeit: allein es wurde eine geringere Kälte erzeugt, als wenn dieſer Umſtand nicht Statt hatte, und wenn die Säure ſchwächer war. Die nämliche Erſcheinung des Gerinnens ereignete ſich auch bei andern Verhältniſſen von Säure und Waſſer, und bei andern Temperaturen.

Es iſt bemerkenswerth, daß dieſe Wirkung des Glauberſalzes bei Erzeugung von Kälte blos Statt hatte, wenn es ſein Kriſtalliſationswaſſer beſaß. Eben ſo vermehrte auch das Mineralalkali die Kälte einiger Miſchungen, allein wenn das Kriſtalliſationswaſſer mangelte, brachte keines derſelben jene Wirkung hervor.

Auszug aus des Hrn. de Lüc's Ueberſicht der allgemeinen Chemie, aus der Betrachtung der Verwandlung des Eiſes in Waſſer, und des Waſſers in Eis hergeleitet.

Keine Erſcheinung iſt wichtiger, als die Verwandlung des Eiſes in Waſſer, und des Waſſers in Eis. Wir

haben zwar ſchon vorher dieſes Phänomen in Betrachtung gezogen, allein ich halte es für nöthig, daſſelbe nach Herrn de Lüc noch umſtändlicher zu zergliedern, um Ihnen zu zeigen, daß es die wichtige Grundlage der Chemie iſt. Die verſchiedenen Operationen der Chemie können überhaupt auf Vereinigung und Trennung der Subſtanzen zurückgeführt werden. Ihre allgemeine unmittelbare Urſache liegt in den verſchiedenen Beſtrebungen der Theilchen, woraus dieſe verſchiedenen Subſtanzen beſtehen, und die Veränderungen, welche bei dieſen Erſcheinungen ſich ereignen, werden durch die Veränderungen bewirkt, welche die Partikelchen bei ihrer Zuſammenſetzung erleiden. Da nun die Phänomene des Waſſers und des Eiſes alle dieſe verſchiedenen Arten von Modifikationen in ſich begreifen, ſo werden ſie Ihnen einen deutlichen Begriff von der Art der Veränderung geben, welche die Quelle der chemiſchen Phänomene iſt.

Nun können in Rückſicht des Eiſes 1) die Partikelchen deſſelben nicht ohne merkliche Anſtrengung getrennet werden. 2) Wenn es zerbrochen wird, ſo zeigen die Theilchen deſſelben, ohnerachtet ſie ſich in der möglichſt näheſten Entfernung von einander befinden, kein Beſtreben, ſich mit einander zu vereinigen. 3) Wenn Eisſtücke aufgehäuft werden, ſo macht das gegenſeitige Anhangen der Partikelchen an einander, nebſt ihrem Widerſtande gegen Bewegung, daß ſie in derjenigen Lage bleiben, worin ſie gelegt worden ſind. Dies ſind auffallend chemiſche Eigenſchaften, deren die Subſtanzen keineswegs beraubt werden können, wofern die Partikelchen keine weſentliche Veränderung erleiden. Die Verwandlung des Waſſers in Eis erfolgt ohne einige unterſcheidbare Veränderung in ſeiner Schwere, obſchon bei dieſer Umſchaffung in den ponderabeln Theilchen ſehr große Veränderungen Statt finden; denn 1) können ſie

mit der gröſsten Leichtigkeit getrennt werden, da ihr Widerſtand gegen die Trennung beinahe unmerklich iſt. 2) Haben ſie eine Neigung zu einander ſelbſt bei einem beträchtlichen Abſtande; daher gehen kleine Maſſen, wenn ſie frei ſind, zuſammen und bilden einen ſphäriſchen Tropfen, ſo bald ſie einander berühren, welches keineswegeſ die Wirkung der Schwere, ſondern ihr ganz entgegen iſt. 3) Dieſe neuen Partikelchen gleiten ſo leicht über einander weg, daß ſie, außer in den oben erwähnten kleinen Maſſen, jetzt nicht aufgehäuft werden können, ſondern ſogleich eine ebene Fläche bilden. Wir wollen nun ſehen, wie ſich dieſe Veränderungen in den Theilchen des Eiſes erklären laſſen. Die Phyſiker ſtimmen darin mit einander überein, daß dieſe Veränderungen vom Feuer, einer Subſtanz ohne Schwere, herrühren. Die Menge dieſer Subſtanz, welche dieſe Wirkung erzeugt, wird hinreichend durch ihre beſondern Eigenſchaften beſtimmt; allein nach dieſer Veränderung wirken dieſe Eigenſchaften nicht länger, weil die Partikelchen des Feuers mit denjenigen des Eiſes ſich verbinden. Dieſe Verbindung iſt es, welche die eben beſchriebenen chemiſchen Veränderungen bewirkt. Dieſe Veränderungen aber ſind in Rückſicht phyſikaliſcher Grundſätze ſo weſentlich wie irgend andre in der Chemie; und wenn nicht unleugbare Thatſachen uns nöthigten andern Subſtanzen einr merkliche Schwere beizumeſſen, welche dieſe Wirkungen im Waſſer modificiren, ſo würde dieſes Beiſpiel allein uns berechtigen, dieſe neuen Subſtanzen für imponderabel, oder ohne Schwere zu halten.

Außer den bereits erwähnten chemiſchen Erſcheinungen in Rückſicht des Waſſers und des Eiſes, giebt es noch eine andere ſehr wichtige, welche uns zur Vergleichung dienen wird. Wir finden zufolge dieſes Phänomens nur Eine ponderable Subſtanz, welche unter dem Namen des Waſſers bekannt iſt, und eine imponderable Sub-

ſtanz, welche Feuer genennt wird. Wenn ſich nun die Partikelchen des Waſſers in einem flüſſigen Zuſtande befinden, ein Zuſtand, welcher durch ihre Vereinigung mit Feuer erzeugt wird, ſo wird eine gewiſſe Verminderung in der Menge des freien Feuers ſie zu einem ſolchen geringen Abſtande und einer ſolchen Stellung ihrer Lage nach bringen, daß ſie ſich zu einer beſtimmten Form vereinigen, und das Feuer fahren laſſen, welches ſie flüſſig machte: oder umgekehrt, wenn die Partikelchen des Waſſers zu Eis gebildet werden, ſo wird, wenn die Menge des dazwiſchen befindlichen freien Feuers hinreichend iſt, ſie zu trennen, es ſich mit dieſen Partikelchen verbinden, und Waſſer bilden; dies kann das Flüſſigkeitsfeuer oder das Feuer der Flüſſigwerdung genennt werden.

Jeder aufmerkſame Phyſiker muß zugeſtehen, daß dieſes große Phänomene ſind, welche durch die Vereinigung zweier Subſtanzen hervorgebracht werden, deren eine ohne Schwere iſt; und daß dieſe Phänomene wahrſcheinlich die allgemeinen Karaktere einer beſondern Klaſſe ſind. Es iſt zu bedauren, daß die ponderable Subſtanz, welche ſowohl dem Waſſer als dem Eiſe gemein iſt, keinen beſondern und eigenthümlichen Namen beſitzt, denn dieſe Subſtanz gehört auch den wäßrigen Dünſten zu. Herr de Lüc war ehedem geneigt, ſie Humor zu nennen. Ich bitte Sie daher, die Fälle ſorgfältig zu unterſcheiden, wo ich vom Waſſer als einer Subſtanz rede, welche weder durch Feuer, noch durch irgend eine andre Subſtanz modifiziret worden; und um Sie auf dieſen Unterſchied deſto aufmerkſamer zu machen, will ich mich zuweilen des Worts Humor bedienen.

Die vorhergehende Zergliederung wird Sie nun in Stand ſetzen, die Beſchaffenheit der Auflöſungsmittel, eine Klaſſe von Subſtanzen, deren nähere Kenntniß

ſehr wichtig iſt, deutlicher einzuſehen. Ich will mich indeſſen blos auf einige Beiſpiele einſchränken.

Die Benennung Säure iſt flüſſigen Subſtanzen gegeben worden, welche nichts mehr zu ſeyn ſcheinen, als Waſſer mit gewiſſen imponderabeln Theilchen verbunden. Saure Flüſſigkeiten müſſen alſo von den Säuren ſelbſt unterſchieden werden.

Die allgemeinen Phänomene ſaurer Flüſſigkeiten ſind die Verwandſchaften, welche unter ihren Theilchen ſowohl unter ſich ſelbſt als auch gegen andre Subſtanzen Statt finden. Nun äußert Waſſer (hier als Humor betrachtet) wenn es mit Feuer vereiniget iſt, gewiſſe Verwandſchaften ſowohl in ſich ſelbſt, als auch auf andre Subſtanzen: es können daher andre Theilchen, welche eben ſo imponderabel ſind als Feuer, ſolche Veränderungen darin bewirken, daß ſie in mancher Rückſicht ſeine natürlichen Verwandſchaften ändern; und wir ſind berechtiget zu glauben, daß dieſes der Fall ſey, ungeachtet der Vorausſetzung durch Thatſachen widerſprochen wird.

Um uns hiervon zu vergewiſſern, wollen wir die Entſtehung der ſauern Flüſſigkeiten, ſo wie gleichfalls ihre verſchiedenen Produkte näher unterſuchen. Wenn ſaure Flüſſigkeiten erzeugt werden, ſo haben wir alle Urſache, die Gegenwart des Waſſers entweder in den feſten oder in den flüſſigen Subſtanzen, die dabei angewendet werden, oder in der Lebens- oder atmosphäriſchen Luft, welche bei der Zerſetzung damit verbunden wird, vorauszuſetzen. Diejenigen, welche die Hypotheſe des Hrn. Lavoiſier annehmen, werden zwar gegen die Gegenwart des Waſſers in dieſen Luftgattungen Einwendungen machen: denn beim Verbrennen des Schwefels oder des Phoſphors u. ſ. f. ſehen ſie die Lebens-Luft als den Grundſtoff der Säuren und die Subſtanzen als zur Säure fähige Baſen (acidifiable baſes) an. Allein dieſe Annahme

iſt weder nothwendig noch natürlich; ſie iſt nicht nothwendig, weil die Phänomene auch ohne dieſelbe erklärt werden können. Wenn eine hinreichende Menge Lebensluft vorhanden iſt, ſo wird blos eine ſaure Flüſſigkeit erzeugt, d. i. (zufolge unſrer Meinung) eine Menge Waſſer, deren Theilchen ſich mit einer Säure verbunden haben. Wenn nun Waſſer der ponderable Theil aller luftartigen Flüſſigkeiten iſt, eine Hypotheſe, welche hinreicht, jedes chemiſche Phänomen zu erklären, und die einzige, welche mit den meteorologiſchen Erſcheinungen übereinſtimmt; ſo iſt leicht einzuſehen, daß bei der Zerſezzung der Lebensluft eine Menge Waſſer, welches mit ſauern Theilchen vereiniget iſt, frei wird. So nehmen wir z. B. an, daß der Schwefel, Säure, Phlogiſton, Feuer, Waſſer und andre unbekannte Ingredienzien enthalte, die in eine feſte Form (wovon ich in der Folge ſprechen werde) mit einander vereiniget worden ſind: daß Lebensluft Waſſer und Feuer enthalte, welche bei einem gewiſſen Grade von Wärme das Vermögen erlangen, ſich mit dem Phlogiſton zu vereinigen. Sie ſehen alſo hieraus, in ſo weit als es möglich iſt in die Natur einzudringen, warum bei der Zerſetzung dieſer zwei zuſammengeſetzten Dinge durchs Verbrennen, eine Flüſſigkeit erhalten werde, worin die Theilchen des Waſſers zu einer Säure vereiniget werden, welche die Benennung der Vitriolſäure erhalten hat.

In Rückſicht der Franzöſiſchen Hypotheſe ſollte es ſcheinen, daß ſich jeder als von einer Bürde entlediget halten müßte, wenn er es nicht länger erforderlich fände, eine Subſtanz anzunehmen, welche, ohne ſelbſt Säure zu ſeyn, indeſſen doch die Urſache der Säure ſey. Ferner obſchon angenommen werden kann, daß Säuren vorhanden ſind, ſo können ſie doch blos in tropfbaren oder expanſiblen Flüſſigkeiten wirken. Dieſe Operationen alſo, anſtatt uns einen Begriff von Säureerzeu-

gung zu geben, wovon wir keine Vorſtellung haben, laſſen uns dieſe Säuren als frei und vermögend anſehen, vermittelſt ihrer Vereinigung mit einer Flüſſigkeit zu wirken.

Unter dieſen Umſtänden und bis etwas gegründeteres wird ausgemittelt ſeyn, können wir daher mit Zuverläſſigkeit annehmen, daß die Operationen, wodurch ſaure Flüſſigkeiten gebildet werden, darin beſtehen, das Waſſer und die ſauern Theilchen von ihren vorhergehenden Verbindungen zu befreien, und ſolchergeſtalt Waſſer zu erzeugen, welches gewiſſe Theilchen enthält, denen keine Schwere zugeſchrieben werden kann, und welche blos durch ihre Eigenſchaften in den Subſtanzen, in denen ſie ſich befinden, unterſchieden werden können. So bald als nun das auf dieſe Art modifizirte Waſſer das Flüſſigkeitsfeuer aufnimmt, ſo treten ſeine Theilchen, da ſie jetzt die Freiheit haben ihren Neigungen zu folgen, in neue Verbindungen vermittelſt der ſauern Theilchen, durch welche es dieſe neuen Eigenſchaften erhalten hat. Dieſe Theilchen wollen wir nun in der Aeußerung ihres erlangten Beſtrebens verfolgen; und zwar beſonders in den Phänomenen des Gefrierens und der Schmelzung der Flüſſigkeiten, die ſie bilden.

Das Waſſer ſaurer Flüſſigkeiten behauptet zwar ſeine allgemeine Eigenſchaft, nach Maßgabe der Temperatur entweder in einer feſten oder flüſſigen Form zu exiſtiren; allein es hat zwei Veränderungen erlitten, die eine, wodurch ſeine Theilchen das Flüſſigkeits-Feuer nur bei einer größern Verminderung der Wärme fahren laſſen, und die andre, wodurch die Theilchen, wenn ſie jenes Feuer fahren laſſen und ſich vereinigen, eine ganz verſchiedene Lage gegen einander annehmen. Hier nehmen wir blos verſchiedene ſpezifiſche

Karaktere einer und der nämlichen generiſchen Modifikation wahr. Die Theilchen des Waſſers (Humor) können ſich entweder allein, oder mit einer Säure verbunden, mit dem Flüſſigkeits-Feuer vereinigen; allein in dem letztern Zuſtande behalten ſie es in einem geringern Grade von Wärme; und wenn ſie es verlieren, ſo nehmen ſie, anſtatt ſich ſelbſt wie reines Waſſer in eine Form zu vereinigen, in welcher ihr Volumen vermehrt wird, im Gegentheil etwas weniger Raum ein.

Aus den Verſuchen des Herrn Mc Nab zu Albany in der Hudſons-Bay erſehen wir, daß Salpetergeiſt zufolge ſeiner Grade von Säure zwei Arten von Gefrierungen erleidet, welche von Herrn Cavendiſh in die wäſſerige und ſpirituöſe unterſchieden werden. In dem erſten Falle ſchwimmt das Eis, welches aus dem reinen Waſſer erzeugt wird, oberhalb der übrigen Flüſſigkeit; in dem zweiten gefriert die Flüſſigkeit ſelbſt, und das Eis davon fällt zum Boden des noch flüſſigen Theils. Bei der letztern Erſcheinung verändert ſich der Punkt des Gefrierens mit dem Grade von Säure, allein er iſt weit entfernt, den Geſetzen davon zu folgen.

Herr Cavendiſh hat durch andre Verſuche beſtimmt, daß der wahre Gefrierpunkt nur dadurch erhalten werden könne, wenn darin einige Eistheilchen von einer ehemaligen Gefrierung bleiben. Auf dieſe Art wurden die Gefrierpunkte in der folgenden Tafel beſtimmt: die Säure-Grade des Salpetergeiſtes werden durch die Gewichte des Marmors ausgedrückt, welchen er aufzulöſen vermögend iſt, verglichen mit ſeinem eigenen Gewichte. Das Thermometer, deſſen man ſich dazu bedient hat, war mit Fahrenheitſcher Skale; die korreſpondirenden Beſtimmungen ſind die Reſultate von Verſuchen, welche auf eine regelmäßige Reihe von Graden der Säure zurückgebracht worden ſind.

Spirituöſe Gefrierung.		Wäßrige Gefrierung.	
Grade der Säure	Punkt der Gefrierung	Grade der Säure	Punkt der Gefrierung
0. 568	— 45. 5	0. 243	— 44. 2
0. 538	— 30. 1	0. 210	— 17. [illegible]
0. 508	— 18. 1		
0. 478	— 9. 4		
0. 448	— 4. 1		
0. 418	— 2. 4		
0. 388	— 4. 2		
0. 358	— 9. 7		
0. 328	— 17. 7		
0. 298	— 27. 7		
0. 243	— 44. 2 Anfang der wäßrigen Gefrierung.		

Aus dieſen Verſuchen, nach der Theorie des Herrn de Luc zergliedert, erhellet alſo: 1) daß bei einem Säure-Grade = 568 das Feuer mit den Waſſer-Theilchen (Humor) ſelbſt bei dem tiefen Stande von — 45. 5 Fahrenheit verbunden bleiben kann. 2) Daß ſo wie der Grad der Säure nach und nach geſchwächt wird, die Waſſertheilchen das Vermögen erlangen, ſich bei höhern Temperaturen zu vereinigen, und das Flüſſigkeits-feuer fahren zu laſſen. Bei dieſem Fortgang gegen ein Maximum, wo der Grad von Säure faſt das Mittel zwiſchen den zwei Punkten des ſpirituöſen Gefrierens iſt, iſt dann die Säure 418, und bei — 2. 4 vereinigen ſich die Waſſertheilchen. 3) Wenn die Säure fortfährt bis 298 vermindert zu werden, ſo verlieren die Waſſertheilchen nach und nach das Vermögen ſich zu nähern, ohne jedoch aufzuhören, flüſſig zu ſeyn, ſo daß alſo bei dieſem Punkte das Feuer bereit iſt, ſich mit ihnen bei 22. 7 zu verbinden. 4) Dieſer Verluſt jenes Vermögens der Waſſertheilchen geht fort, bis die Säure bis zu 243 gelangt iſt, und bei dieſem Punkte verläßt ſie nicht das Flüſſigkeitsfeuer, ſon-

dern bei der Temperatur von — 44. 2 welches ſehr genau mit dem übereinſtimmt, was bei der größten Säure 568 geſchahe. Nun findet aber ein neues Phänomen Statt. Da die Waſſertheilchen weniger mit Säure beladen ſind, ſo ſuchen ſie wieder, ſich nach der ihnen eignen Art zu kriſtalliſiren, und diejenigen, welche hiezu am geneigteſten ſind, verlaſſen ihre Säure ſowohl als das Flüſſigkeitsfeuer und werden gemeines Eis. Von dieſem Punkte an vereinigen ſich die Waſſertheilchen um ſo früher, je mehr die Säure vermindert wird, ſo daß als die Säure blos 210 war, Eis (von reinem Waſſer) bei der Temperatur von 17 gebildet wurde. Dieſe merkwürdigen Phänomene ſind nicht blos dem Salpeterſpiritus eigen, ſondern ſie ſind auch an dem Vitriolgeiſte bemerkt worden, wie man aus dem Reſultate von Verſuchen ſehen kann, die hier in eine Tafel gebracht worden.

Stärke.	Gefrierpunkt.
977	+ 1
918	— 26
848	+ 46
846	+ 42
758	— 45

Hieraus können wir folgern, daß Vitriolöl nicht nur das Gefrieren am leichteſten bewirke, ſondern jenen ſogar noch an Stärke übertreffe. Ein anderer bei dem Vitriolöl merkwürdiger Umſtand iſt, daß es einen Punkt von entgegengeſetzter Beugung (flexure) hat, über welchen hinaus, wenn die Stärke vermehrt wird, die zum Gefrieren deſſelben erforderliche Kälte wieder anfängt ſich zu vermindern. Von dem ſchwächſten Säure-Grade 758 bis zu demjenigen von 848 ergiebt ſich ein Zuwachs von 91° in dem Gefrierpunkte. Wenn die Säure aber ſich bis 918 vermehrt, ſo fällt der Gefrierpunkt wieder bis 72°, und ſteigt zu 27, wenn die Säure 977 wird.

Kein Symptom bei dieſen Erſcheinungen der ſauern Flüſſigkeiten berechtigt uns, ſie als einfache ihrer Natur nach ponderable Subſtanzen zu betrachten, oder als Zuſammenſetzungen zweier Subſtanzen, deren eine Säure fähig, die andere Säure erzeugend, und beide ſchwer ſind. Im erſten Falle, wo man die Säuren als in Waſſer aufgelöſt betrachtet, finden wir nichts, woran wir uns halten könnten, um ihr eignes Gewichte zu beſtimmen: in dem Waſſer entdeckt man ſie blos durch ihre Wirkungen, bei andern Zuſammenſetzungen aber ſind ſie nicht zu unterſcheiden: es hindert uns alſo hier nichts, daß wir ſie als nicht ſchwer anſehen, wenn nur andere Umſtände uns zu dieſer Folgerung führen. Der zweite Fall oder der darin zum Grunde liegende Begriff ſcheint dieſe Vorausſetzung auszuſchließen, weil den Säurefähigen und Säureerzeugenden Theilchen ein beſtimmtes Gewicht zugeſchrieben wird; allein die vorhergehenden Verſuche nehmen dieſer Vorſtellung alle Wahrſcheinlichkeit; denn nach dieſer kann man die außerordentlichen Veränderungen in dem Gefrierpunkte, welche in der nämlichen ponderabeln Subſtanz blos durch den Zuſatz von mehr oder weniger Waſſer verurſacht werden, keineswegs erklären.

Allein um umſtändlicher dieſerwegen zu ſeyn: Iſt, wenn der ſchwere Theil der Lebensluft als der ſäurende Grundſtof angewendet wird, um eine Säure zu erzeugen, dies eine Flüſſigkeit, eine Subſtanz, welche ihrer Natur nach fähig iſt, zu gefrieren und flüſſig zu werden? Hier laſſen uns die Vertheidiger dieſer Theorie in Dunkelheit; vergebens bitten wir hier um nähere Erklärung. Wenn der ponderable Theil der Lebensluft, indem er mit dem ponderablen Theile der brennbaren Luft, vereiniget wird, Waſſer erzeugt, kann er in der nämlichen Operation, z. B. bey

Verbrennung des Schwefels, eine Säure hervorgen? Auch hier erhalten wir keinen Aufſchluß. Wenn bei der Verbrennung des Schwefels ein Theil Lebensluft verwendet wird, um eine Säure zu bilden, und ein anderer Theil um mit brennbarer Luft Waſſer zu erzeugen, welches iſt alsdenn das Verhältniß der beiden Theile? Auf welche Art ſollen wir ſie unterſcheiden? Welches iſt die Säurefähige Subſtanz im Schwefel, abgeſondert von der brennbaren Luft? Auch hier verweigern die Vertheidiger der Franzöſiſchen Theorie alle Erklärung. Nehmen Sie nun anſtatt dieſer dunkeln Theorie an, daß das Waſſer durch die Vereinigung der zwei Luftarten gebildet werde, ſo iſt alles ſogleich erklärt, und die entgegengeſetzte Richtung (flexure) oder das Steigen und Fallen des Gefrierpunkts leicht einzuſehen.

Aus der Kriſtalliſirung des reinen Waſſers lernen wir, daß deſſen einfache Theilchen von einer gewiſſen Form ſind, und mit gewiſſen beſtimmten Seiten gegen einander ſtreben. Nun können aber die verſchiedenen Kombinationen der Säure mit den Theilchen des Waſſers die Neigung dieſer, ſich zuſammen zu verſammlen, verändern, und die oben erwähnten entgegengeſetzten Richtungen verurſachen. Wie dieſes bewirkt wird, könnte mit Hülfe der Geometrie ſehr leicht gezeigt werden, allein dieſe Erörterung würde außer den Gränzen dieſer Vorleſungen liegen.

Es ſcheint nicht, daß der Unterſchied in der ſpezifiſchen Schwere zwiſchen ſauern Flüſſigkeiten und Waſſer irgend einer ſchweren, dem Waſſer zugeſetzten Subſtanz zugeſchrieben werden dürfe; ſondern vielmehr, daß die Theilchen des Waſſers mit einer nicht ſchweren Subſtanz vereiniget werden, wodurch ſie näher aneinander gebracht werden, ohne das Flüſſigkeitsfeuer zu verlieren. Dieſe Theorie beſtätigen nun alle vorhergehende Phänomene;

denn ſie beweiſen überhaupt, daß die Theilchen ſaurer Flüſſigkeiten ungleich dichter an einander gebracht werden können, als diejenigen des Waſſers, ohne das Flüſſigkeitsfeuer zu verlieren; und aus einem ſehr einleuchtenden Beiſpiele ſollen Sie ſogleich ſehen, daß die Urſachen, welche auf den Gefrierungspunkt Einfluß haben, ihre Wirkung auf den allgemeinen Zuſtand der Flüſſigkeiten erſtrecken. Vorerſt will ich indeſſen noch einer andern Erſcheinung erwähnen, welche uns einen direkten Beweis der in Frage befangenen Vorausſetzung liefert.

Wenn Sie reines Waſſer mit einer ſauern Flüſſigkeit vermiſchen, ſo iſt die ſpezifiſche Schwere der Miſchung größer, als das Mittel der ſpezifiſchen Schwere der Ingredienzien: ein deutlicher Beweis, daß die Säure verurſacht, daß die Theilchen des Waſſers ſich einander nähern, und hierin einem Geſetze der Vermehrung folgen, weil die mittlere Näherung der Theilchen größer iſt als die mittlere Säure der vereinigten Maſſen. Dieſes wird auch durch eine gleichzeitige Wirkung beſtätiget, nämlich durch die plötzliche Wirkung des Drucks auf das freie Feuer der Maſſe, welches die Wärme derſelben vermehrt, ſo wie eine Stange Eiſen vermittelſt des Schmiedens erhitzt wird. Die vorhergehenden Bemerkungen über ſaure Flüſſigkeiten laſſen ſich ſo natürlich auf alkaliſche Flüſſigkeiten anwenden, daß es faſt unnöthig iſt, ihrer hier erſt zu erwähnen. Bei keinem von beiden veranlaßt uns Etwas zu glauben, daß die Verſchiedenheit der ſauern und alkaliſchen Flüſſigkeiten vom reinen Waſſer von ponderabeln Theilchen abhänge.

Aus der Vereinigung ſaurer und alkaliſcher Flüſſigkeiten entſtehen ſaliniſche Flüſſigkeiten, von welchen wir nachgehends vermittelſt einer einfachen Abdampfung Mittelſalze erhalten, d. i. feſte Körper von einer beſtimmten

Form, welche das Flüſſigkeitsfeuer bei der Temperatur der Atmosphäre nicht aufnehmen, wofern wir nicht dem Salze das Waſſer wiedergeben, welches abgedunſtet worden. Sind nun ſaure und alkaliſche Flüſſigkeiten nichts anders als Waſſer, welches durch gewiſſe verſchiedene Theilchen modifizirt worden iſt, ſo müſſen auch ihre feſten Produkte nichts mehr als Waſſer ſelbſt ſeyn, welches durch die Vereinigung dieſer Theilchen modifizirt worden iſt. Zu dieſem Schluſſe berechtigt uns offenbar das Kriſtalliſationswaſſer. Wir wollen alſo dieſes Phänomen noch ferner betrachten. Bei einigen Salzen iſt, nachdem das Kriſtalliſationswaſſer verdunſtet worden, die zurückbleibende Maſſe nicht ferner vermögend, ohne Zuſetzung von Waſſer flüſſig zu werden. Bei andern kann die Maſſe blos durch einen großen Grad von Hitze flüſſig gemacht werden. Hier ſehen wir blos die Modifikationen der allgemeinen Phänomene dieſer Klaſſe; nämlich verſchiedene Kombinationen der Theilchen des Waſſers mit gewiſſen andern Theilchen, wodurch ihr Vermögen das Flüſſigkeitsfeuer anzunehmen ſehr verändert wird; wir ſehen ſogar, daß dieſe Kombinationen des Waſſers ſo ſeyn können, daß deſſen Theilchen das Flüſſigkeitsfeuer in einigen Fällen nicht ohne einen großen Grad von Hitze, und in andern Fällen ſchlechterdings gar nicht annehmen.

Wenn, nachdem Salze durch Abdunſtung in einen unſchmelzbaren Zuſtand verſetzt worden ſind, das verdunſtete Waſſer mit einem geringen Zuſatze wieder hergeſtellt wird, ſo erlangen die Waſſertheilchen, welche die ſichtbare Maſſe der Miſchung ausmachen, das Flüſſigkeitsfeuer bei der Temperatur der Atmosphäre wieder, und wir erhalten alsdenn ſaliniſche Flüſſigkeiten.

Dr. Blagden hat in ſeiner Abhandlung über das Gefrieren gezeigt, daß alle Flüſſigkeiten, welche fähig ſind

zu gefrieren, ſo wie Waſſer, verſchiedene Grade unter den Gefrierungspunkt erkältet werden können, ohne zu gefrieren. Unter denſelben Umſtänden haben auch ſaure, alkaliſche und ſaliniſche Flüſſigkeiten die nämliche Eigenſchaft; ein fernerer Beweis, daß ſie einerlei Subſtanz, nur verſchiedentlich modificirt ſind.

Saliniſche Flüſſigkeiten verlaſſen das Flüſſigkeitsfeuer früher als reines Waſſer; indeſſen findet ſich hiebei noch ein andrer Umſtand ein, welcher die Idee beſtätiget, daß ſie ebenfalls eine Modifikation des Waſſers ſind. Wenn ſaure und alkaliſche Flüſſigkeiten gefrieren, ſo werden die Waſſertheilchen darin ſolchergeſtalt geordnet, daß ſie keinen größern Raum einnehmen, als es, wie Sie geſehen haben, der Fall mit reinem Waſſer war; allein dieſe Eigenſchaft erſcheint wieder in ihren zuſammengeſezten ſaliniſchen Flüſſigkeiten.

Wenn daher die Theilchen der Säuren und Alkalien jedes insbeſondere die Theilchen des Waſſers modifiziren, ſo werden ſie den Augenblick, als dieſe das Flüſſigkeitsfeuer verlieren, zu feſten Körpern, welche weniger Raum einnehmen, als vorher von den Theilchen eingenommen wurde, woraus ſie beſtehen; allein wenn die Waſſertheilchen durch diejenigen einer Säure oder eines Alkali modifizirt worden, ſo ordnen ſie ſich wie reines Waſſer zuſammen, nur langſamer, und ſtellen blos einige Abänderungen in der Modifikation der nämlichen Subſtanz dar. Oele ſind wahrſcheinlich nichts mehr als Waſſer, durch nicht ſchwere Subſtanzen modifizirt, worunter wir das Phlogiſton rechnen müſſen.

Es giebt kein Phänomen der ſauern, alkaliſchen und ſaliniſchen Flüſſigkeiten, welches uns berechtigen könnte, eine merkbare Schwere irgend andern Theilchen zuzuſchreiben als denjenigen des reinen Waſſers.

Alle dieſe Phänomene führen uns auf den alten Grundſatz der Chemie, daß keine Subſtanz che-

miſch wirken könne, wofern ſie nicht aufge-
löſet wird; denn damit die Theilchen irgend einer Subſtanz ihren Beſtreben (Tendenzen) Folge leiſten können, müſſen ſie Freiheit haben, ſich zu bewegen, welches ſie aber nur allein in tropfbaren und ausdehnbaren Flüſſigkeiten können. Die Waſſertheilchen ſind vermöge ihrer Fähigkeit, ſich mit Feuer zu verbinden, der Flüſſigkeit fähig, und ſind ſie in dieſem Zuſtande, ſo können ſie entweder ihren natürlichen Tendenzen folgen, oder denjenigen, die ſie durch Verbindung erlangt haben. Auf dieſe Art wird das Waſſer ein allgemeines Auflöſungsmittel; d. i. durch daſſelbe allein haben alle andre Auflöſungsmittel ihr Daſein, weil ſeine Theilchen ſo vielerlei verſchiedene Beſtreben erlangen werden, als es Arten von feinen Theilchen giebt, die ſich damit entweder zuſammen oder jedes beſonders verbinden. Unter den Tendenzveränderungen, welche in den Waſſertheilchen Statt haben, giebt es eine beſonders wichtige Klaſſe in den Operationen der Natur, nämlich diejenige, welche auf ihre verſchiedene Fähigkeit das Flüſſigkeitsfeuer anzunehmen und zurück zu halten Bezug hat. Daher ſind ſie, verſchiedene flüſſige Zuſtände ausgenommen, fähig, eine große Verſchiedenheit in einer feſten Form anzunehmen, indem die Feſtigkeit vornämlich davon abhängt, daß die Theilchen nur unter der gewiſſen Temperatur, und durch Zuſetzung gewiſſer Ingredienzien mit dem Flüſſigkeitsfeuer verbunden zu werden fähig ſind. Salze ſind zwar bis jetzt die einzigen feſten Körper, die wir als Produkte von dem Waſſer betrachtet haben: in Rückſicht dieſer iſt reines Waſſer, es ſei flüſſig oder Eis, ein Fluß, wodurch ſie bei der Temperatur der Atmosphäre, und ſelbſt ſchon bei einer geringern flüſſig werden; allein durch Analogie geleitet, können wir nunmehr in der abſtrakten Analyſe der feſten Körper weiter gehen.

Wenn Sie alle die feſten Körper auf der Oberfläche unſrer Erde, ſowohl organiſirte Körper, als natürliche Foſſilien betrachten, und die gewiſſen und ungewiſſen Reſultate unſrer Zergliederungen unterſuchen, ſo werden Sie in dieſen Körpern keine an ſich ſchweren Subſtanzen finden können als Waſſer und elementariſche Erden, den Ausdruck „elementariſche Erde" im allgemeinen Verſtande genommen. Unter die Subſtanzen, an denen wir keine Schwere wahrnehmen können, gehören Licht, Feuer, Elektrizität, Säuren, Alkalien, Phlogiſton, und die beſondern Theilchen gewiſſer Luftarten. Jedes irdiſche Phänomen ſcheint andre imponderable Subſtanzen anzukündigen; und hieraus können Sie einſehen, wie viele Urſachen dieſer Klaſſe für uns verborgen ſind, die wir noch keineswegs kennen.

Dies ſind denn die Subſtanzen, durch welche die unmittelbaren phyſiſchen Urſachen die Phänomene unſrer Erdkugel hervorbringen; die ponderabeln Subſtanzen ſind Waſſer (Humor) und Erden; die übrigen irdiſchen Subſtanzen beſtehen blos aus Theilchen von verſchiedenen Klaſſen, allein von einer ſolchen Feinheit, daß wir, wie groß auch ihre Menge in den Maſſen, die wir wägen, ſeyn mögen, doch bis jetzt an ihnen noch keine Schwere haben entdecken können. Das Waſſer verbindet ſich mit allen dieſen Theilchen, aber in verſchiedenen Graden, und erlangt durch die Vereinigung verſchiedene Verwandſchaften, woraus ſogleich verſchiedene tropfbare und ausdehnbare Flüſſigkeiten, und einige feſte Körper, die bei verſchiedenen Temperaturen der Atmosphäre entweder unmittelbar, oder mit Waſſer, als dem ihnen eigenen Fluſſe, ſchmelzbar ſind, entſpringen. Vermöge dieſer verſchiedenen Kombinationen mit den Erden werden feſte Körper erzeugt, auf welche dieſe Schmelzungsmittel keine Kraft haben. Alle dieſe Kombinationen können blos

im flüſſigen Waſſer Statt finden, worin ſie Gelegenheit haben, ihre Verwandſchaften zu äußern: und werden darin feſte Körper gebildet, ſo geſchieht dies in gewiſſen Fällen durch den Zuſatz einiger Subſtanzen und die gleichzeitige Entweichuug einiger ausdehnbaren Flüſſigkeiten. Dieſe feſten Körper ſind in dem zurückbleibenden Fluidum nicht länger auflösbar, oder müſſen, damit es dieſelben auflöſen könne, erſt ihrer beigetretenen Subſtanzen beraubt, und ihre entwichnen ausdehnbaren Flüſſigkeiten ihnen wieder gegeben werden. Allein in Rückſicht des größern Theils der feſten Körper unſrer Erde, ſowohl derjenigen, welche ehedem auf ihrer Oberfläche gebildet worden, als auch derjenigen, welche täglich noch darauf entſtehen, ſind dieſe Kombinationen das große Geheimniß der Natur.

Aus der vorhergehenden Zergliederung ergab ſich der alte Grundſatz der Chemie, daß das Feuer die Urſache aller Auflöſungen ſey. Dieſer Satz iſt indeſſen nur mittelbar richtig; denn Licht iſt die erſte Urſache jeder chemiſchen Operation. Durch Licht mit einer bis jetzt noch unbekannten Subſtanz verbunden, erhält erſt das Feuer ſein Daſeyn. Durch Feuer erhalten die Theilchen des Waſſers (Humor) ihre Flüſſigkeit d. i. das Vermögen, ihrer gegenſeitigen genauen Berührung ohngeachtet, nicht nur ihrem eigenen Beſtreben, ſondern auch denjenigen zu gehorchen, welche ſie durch die Hinzukunft andrer Theilchen erlangt haben. Durch dieſe Zuſätze werden die Theilchen des Waſſers mehr oder weniger geneigt, das Flüſſigkeitsfeuer zu behalten oder aufzunehmen.

Das Seeſalz kann man als einen unſchmelzbaren feſten Körper anſehen, gemeines Eis hingegen als einen ſchmelzbaren feſten Körper. Wenn dieſe zwei feſten Kor-

per über eine gewiſſe Temperatur hinaus gemiſcht werden, ſo beſitzen ſie das Vermögen, ſich gemeinſchaftlich des Flüſſigkeitsfeuers in allen Punkten zu bemächtigen. Dies iſt der allgemeine Grundſatz andrer Schmelzungen vermittelſt Flüſſe. Denn Verſuche lehren uns, daß wenn gewiſſe feſte Körper gemiſcht werden, ſie das Flüſſigkeitsfeuer annehmen können, weil dadurch die Verwandſchaften ihrer Ingredienzien Gelegenheit erhalten, zu wirken. Auch haben Verſuche gezeigt, daß, wenn ſie das Flüſſigkeitsfeuer leichter annehmen, oder wenn bei ihrer gewöhnlichen Schmelzung die zu erzeugenden feſten Körper gebildet werden, oder wenn ſie ſich vermöge ihrer verſchiedenen ſpezifiſchen Schwere von einander trennen ſollen, ſie gewiſſer Ingredienzien beraubt werden müſſen. Hier nun kömmt uns gleichfalls das Feuer zu Hülfe; mittelſt deſſelben und der Atmosphäre werden gewiſſe ausdehnbare Flüſſigkeiten gebildet, andre hingegen eingeſogen, und die ſolchergeſtalt ausgetrockneten feſten Körper ſind nunmehr geſchickt für den Ofen und das Flüſſigkeitsfeuer aufzunehmen.

Vom Waſſer als Dampf.

Ich habe Ihnen bereits in meinen Vorleſungen über das Feuer die beſondern Phänomene erklärt, welche bei der Verwandlung des Waſſers in Dampf Statt finden, und zugleich gezeigt, daß bis 212° erhitztes Waſſer, wenn das Barometer auf $29\frac{1}{2}$ ſteht, in Dampf verfliegt, und eine elaſtiſche Flüſſigkeit bildet, welche wenigſtens 800 mahl dünner als die Luft iſt. Dieſe elaſtiſche Flüſſigkeit oder dieſer Dampf iſt das ſtärkſte Wirkungsmittel, welches angewendet werden kann, um Maſchinen in Thätigkeit zu ſetzen, welche große mechaniſche Kräfte erfordern. Da nun dieſer Gegenſtand hierdurch von der größten Wich-

tigkeit für Künſte und Manufakturen geworden iſt, ſo werden ſie hoffentlich ihre Zeit nicht für verſchwendet halten, wenn wir die Natur dieſes wunderbaren Wirkungsmittels von neuen in Betrachtung ziehen, zumal da wir es jetzt in manchen Hinſichten aus einem verſchiedenen Geſichtspunkte, und von Umſtänden begleitet, worauf dort keine Rückſicht genommen werden konnte, betrachten werden.

Die Menge des zur Verwandlung des Waſſers in Dampf erforderlichen Feuers iſt außerordentlich groß. Hiervon können Sie ſich leicht ſelbſt durch die ungeheure Hitze überzeugen, welche bei einer gewöhnlichen Deſtillationsblaſe das Waſſer in dem Abkühlungsgefäße annimmt, deſſen man ſich bedienet, um den Dampf zu verdichten: und ſollten Sie dadurch allein noch nicht völlig überzeugt werden, ſo bedenken Sie, daß, wenn ein Gefäß Waſſer auf ein ſtarkes Feuer geſetzt, und ohneractet das Feuer bis zum höchſten Hitzgrade verſtärkt wird, man dennoch die Temperatur des Waſſers nie über den Kochungspunkt erhöhen kann. Was kann nun aber wohl aus der ungeheuern Menge Feuer werden, welches das Waſſer in dem Gefäße immerfort erhält? Es geht mit dem Dampfe fort, der von dem Waſſer in die Höhe ſteigt, und kann davon wieder durch Verdichtung des Dampfs erhalten werden. Verhindern Sie nun, daß der Dampf davon fliege, wie z. B. in Papin's Digeſtor, ſo wird das eingeſchloßne Waſſer die Hitze behalten, die es von dem Feuer erlangt hat: es wird ſo heiß werden, daß es ſelbſt Knochen auflöſt, und ſolche Wirkungen hervorbringt, als ich Ihnen bereits beſchrieben habe. Das ſo mit dem Dampfe verbundne Feuer iſt jedoch gleichſam neutraliſirt, und in Rückſicht auf äußere Gegenſtände ruhend.

Um die ausdehnende Kraft des in Dampf verwandelten Waſſers zu ſchätzen, kenne ich kein Inſtrument,

welches dazu bequemer eingerichtet wäre, als dasjenige des Hrn. le Chevalier de Bettancourt. (Man ſehe Taf. VI. Fig. 11. im erſten Bande.) *) Es beſteht aus einem Gefäße A, welches auf einer Kohlpfanne B ſtehet. Oberhalb befindet ſich eine Oeffnung, in welche ein gebogenes Barometer eingelegt worden; eine andre iſt mit einem Thermometer geſchloſſen, und endlich eine dritte mit einem Hahne. Dieſe ſind, wie Sie ſehen, ſo eingerichtet, daß wenn der Hahn geſchloſſen wird, keine Gemeinſchaft zwiſchen dem innern Raume und der äußern Luft Statt hat.

Iſt der Hahn offen, und das Waſſer nicht erhitzt, ſo wird natürlich das Queckſilber in gleicher Höhe in jedem der Aerme m, m ſtehen. Wird dann die Luft aus dem großen Gefäße A gezogen, und der Hahn geſchloſſen, ſo wird das Queckſilber von m bis k in dem einen Arme ſteigen, und von m bis k in dem andern fallen; ſo daß, wenn man annimmt, das Waſſer ſtehe auf dem Gefrierpunkte, der Unterſchied zwiſchen k und k. 28 Zoll ſeyn wird.

Wir wollen nun das Waſſer ſchnell erhitzen, und Sie werden als erſte Merkmale des Aufwallens bemerken, daß das Waſſer ſo ſtark gegen das Gefäß anſchlägt, daß der ganze Apparat erſchüttert. Zu gleicher Zeit wird das Queckſilber in dem Thermometer ſteigen, und dasjenige in dem Barometer fallen; und wenn nun das Queckſilber auf einerlei Höhe in jedem Schenkel der Röhre ſteht, ſo wird das Thermometer auf 212° ſtehen, indem der Druck des Dampfs bei dieſer Temperatur der Schwere der Atmoſphäre genau das Gleichgewicht hält. Verſtärket man die Hitze des Waſſers, ſo wird das Queckſilber in dem

*) Ich habe bereits oben angeführt, daß die Vorleſungen über das Waſſer eigentlich einen Theil des erſten Bandes ausmachen ſollten.

Arm ſteigen, auf welchen die Luft drückt, und ſo in dem andern fallen; der Unterſchied wird ganz von der Temperatur des Waſſers, oder von der verſtärkten ausdehnenden Kraft des Dampfes herrühren. Setzen Sie nun zu dieſem Unterſchiede in den zwei Säulen des Queckſilbers die Höhe des Queckſilbers in einem gewöhnlichen Barometer, ſo wird ihre Summe die Höhe einer Säule Queckſilber ausdrücken, welche die ausdehnende Kraft des Dampfes iſt. Der Unterſchied in der ebenen Fläche muß poſitiv oder negativ gebraucht werden, je nachdem das Thermometer über oder unter 212 ſteht.

Es iſt nicht erforderlich, zwei Barometer anzubringen, denn wenn das ofne Ende deſſelben zugeſchmolzen worden, ſo kann es alsdenn wie ein Heberbarometer gefüllt werden.

Vermittelſt dieſes Apparats unternahm Herr Bettancourt eine große Menge von Verſuchen, deren Reſultate folgende Tafel enthält:

Tafel

Grade des Reaum. Therm.	Ausdehnende Kraft.
0	0. 00
10	0. 15
20	0. 65
30	1. 52
40	2. 92
50	5. 35
60	9. 95
67	14. 50
70	16. 90
86	28. 00
90	46. 40
95	57. 80
100	71. 80
104	84. 00
110	98. 00

Wenn Dampf einer großen Hitze ausgeſetzt wird, ſo wird das Volumen deſſelben, wie ſie geſehen haben, beträchtlich vermehrt; bei 212° wird das Waſſer bis 26 verdünnt, allein bei dem nämlichen Grade von Hitze wird der Dampf bis zu 13 oder 14000 mal des Volumens ausgedehnt, als er als Waſſer einnahm. Hiervon kann man ſich leicht überzeugen, wenn man eine gläſerne Röhre mit einer Kugel am Ende derſelben von 2 Zoll im Durchmeſſer nimmt; läßt man nun einen Tropfen Waſſer in die Kugel von 1 Linie im Durchmeſſer fallen, ſo wird die Dichtigkeit dieſer zwei Kugeln zu einander ſeyn wie 13824 zu 1. Man erhitze die Kugel ſo, daß das Waſſer in Dampf verwandelt wird, ſo wird er die ganze Kugel ausfüllen, und die Luft aus der Kugel treiben, wie Sie ſelbſt finden werden, wenn Sie das Ende der Röhre ins Waſſer tauchen, welches etwas warm gemacht worden, damit eine plötzliche Anbringung der Kälte die Kugel nicht zerſprenge; nach Verhältniß nun, als der Dampf durch die Kälte verdichtet wird, wird der Druck der Atmosphäre das Waſſer in die Kugel treiben, daß ſie ſich ganz damit füllet; ein Beweis, daß der Dampf die Luft daraus getrieben, welcher folglich einen beinahe 14000 mal größern Raum eingenommen, als vorher das Waſſer einnahm.

Es iſt unmöglich, Ihnen einen genauen Begrif von einer Dampfmaſchine ohne ein Modell zu geben. Ich werde mich daher hier begnügen müſſen, Ihnen einige der hauptſächlichſten Grundſätze darzuſtellen, nach welchen ſie wirkt. Sie haben bereits in den Vorleſungen über die Luft geſehen, daß der Druck der Atmosphäre ins Mittel gerechnet, zu 14. 8 Pfund Averdupoiſe für jeden Quadratzoll geſchätzt werden könne.

Wenn daher ein leerer Raum auf irgend eine Art in einem Zilinder gemacht wird, welcher mit einem beweg-

lichen, an dem einen Ende eines Hebels oder Wagbalkens angehangnen Kolben verſehen iſt, ſo wird der Druck der Atmosphäre den Kolben mit einer Kraft niederdrücken, welche ſeiner Grundfläche verhältnißmäßig iſt, und eine gleich große Laſt am andern Ende des Wagebalken heben.

Waſſer kann, wie Sie bereits geſehen haben, beinahe 14000 mal verdünnt werden, und war im Stande bei einem Grade der Hitze, die vermögend iſt, das Waſſer im kochenden Zuſtande zu erhalten, einen leeren Raum zu machen. Sie haben ferner geſehen, daß wenn man die Hitze verſtärkt, die ausdehnende Kraft des Dampfes noch ungleich ſtärker gemacht werden könne. Der Dampf kann verdichtet, oder wieder zu Waſſer gemacht werden, wenn man in denſelben kaltes Waſſer ſpritzt, ſo daß 14000 Kubikzoll Dampf blos auf einen Kubikzoll Waſſer zurückgebracht werden können, wodurch ſolchergeſtalt ein leerer Raum zum Theil erhalten wird.

Ob nun aber ſchon der Druck der Atmosphäre ohngefähr $14\frac{8}{10}$ Pfund auf jeden Quadratzoll drückt, ſo wird doch wegen der Unebenheit verſchiedener Theile und des unvollkommnen leeren Raums, der Kolben bei gewöhnlichen Maſchinen kaum mit einer Kraft niedergedrückt werden, die über 8 oder 9 Pfund auf jeden Quadratzoll der Oberfläche deſſelben beträgt. Bei Herrn Watt's verbeſſerter Maſchine rechnet man über $12\frac{1}{2}$ Pfund auf jeden Quadratzoll.

Der Kolben alſo, welcher durch die Atmosphäre mit einer Kraft niedergedrückt wird, die ſeiner Fläche an Zollen verhältnißmäßig iſt, multipliciret durch ohngefähr 8 oder 9 Pfund, zieht jenes Ende des Hebels herab, und hebt eine Waſſerſäule in den Pumpen am andern Ende des Balken, die dieſer Laſt gleich iſt. Wird nun der

Dampf wieder zugelaſſen, ſo wird jetzt der Kolben vermittelſt ſeiner ausdehnenden Kraft aufwärts getrieben, und die Pumpenſtangen ſinken; wird hingegen der Dampf verdichtet, ſo ſinkt der Kolben, und die Pumpenſtangen ſteigen, und ſo fort ſo lange als die Maſchine wirkt. *)

Herrn de Lüc's Gedanken über den Zuſtand der wäßrigen Dämpfe in der Atmosphäre, und über die Geſetze der Ausdünſtung.

Da niemand ſo viele Aufmerkſamkeit auf die Meteorologie, und auf alle diejenigen Zweige der Phyſik verwandt hat, welche hierauf Bezug haben, als Herr de Lüc, ſo zweifle ich, daß meine Vorſtellung über dieſen Gegenſtand ohne das Reſultat ſeiner Verſuche und Beobachtungen vollſtändig genug geweſen wäre, ſo wie ich überzeugt bin, daß zu näherer Berichtigung dieſes Theils der Phyſik eine vollſtändige Kenntniß ſeiner Grundſätze ſchlechterdings erforderlich iſt.

Die Begriffe des Herrn de Lüc in Rückſicht des Regens erhielten zuerſt durch eine Beobachtung auf den Gletſchern von Buet von einem Grade der Trokkenheit in der Luft, als ſchlechterdings in dem Thale unter der nämlichen Temperatur unbekannt war, beträchtliche Abänderungen. Dieſe Beobachtung, der mehrere andre folgten, führte ihn endlich zu dem Schluſſe, daß Regen keinesweges von der Feuchtigkeit herkomme, welche in der Atmosphäre vor der Bildung der Regenwolken gegenwärtig geweſen.

Vermöge Verſuche mit ſeinem Hygrometer hat er gezeigt, daß die Luft ganz des unmittelbaren Pro-

*) Ueber Dampfmaſchinen habe ich in meiner Sammlung mechaniſcher Inſtrumente verſchiedene Einrichtungen angeführt. Man vergleiche hiermit Grens Journ. d. Ph. G.

ducts der Ausdunſtung beraubt ſeyn könne; die Folge davon iſt vollkommne Trockenheit. Das nämliche Inſtrument zeigt auch, daß dieſes Produkt der Ausdunſtung ein Maximum hat, welches mit der Temperatur ſich verändert, indeſſen aber unter einerlei Temperatur bleibend iſt. Das Hygrometer ſteht bei dieſen zwei Zuſtänden der Luft feſt; kein Verfahren eine Trockenheit oder Feuchtigkeit zu erzeugen, laſſen es über dieſe Gränzen gehen, die ſolchergeſtalt die Extreme einer Skale werden, und ſich auf eine gänzliche Aufhörung, oder auf das Maximum der Feuchtheit beziehen.

In den nämlichen Händen hat das Hygrometer ferner gedient, unſre Ideen in Rückſicht der Urſache zu befeſtigen, wodurch das einfach verdunſtete Waſſer in der Luft niedergeſchlagen werden kann. Dieſe Urſachen ſind die nämlichen wie diejenigen, welche in Luft, wo die Menge des ausgedunſteten Waſſers ſich nicht verändert, eine Vermehrung der Feuchtigkeit verurſacht, als den eigentlichen und nothwendigen Vorgänger der Niederſchlagung des Waſſers. Die Erfahrung giebt blos zwei, die Verdichtung der Luft, und ihre Abkühlung. Einige Phyſiker haben geglaubt, daß Feuchtigkeit durch Verdünnung der Luft verurſacht werde, indem ſie dieſe Meinung von denjenigen Verſuchen herleiteten, wo die Luft in einem Recipienten, wenn ſie verdünnt wird, einen Nebel verurſachte; allein die Herren Wilke, Nairne, und de Sauſſüre haben gezeigt, daß wenn man Sorge trägt, von dem Apparate jene neue Quelle der Ausdunſtung auszuſchließen, die Verdünnung der Luft Trockenheit erzeugt. Die Erſcheinungen, worauf die entgegen geſetzte Meinung ſich gründet, entſtehen von dem Waſſer, welches in dem Apparate gelaſſen worden, und der Nebel wird durch die Beſchleunigung der Ausdünſtung in der verdünnten Luft, und die

augenblickliche Abkühlung des Raums, welcher die Luft enthält, erzeugt. Das Waſſer, welches verdunſtet, da es die nämliche Wärme behält, welche vorher darauf wirkte, füllt den Recipienten mit dichtern Dünſten als das der momentanen Verminderung der Temperatur verhältnißmäßige Maximum, folglich werden ſie plötzlich niedergeſchlagen. So entſpricht denn dieſe Theorie den Erſcheinungen der Niederſchlagung des Waſſers durch die Verdünnung der Luft, welches keineswegs der Fall iſt, wenn man eine Auflöſung des Waſſers vermittelſt der Luft annimmt: denn nach der letztern Hypotheſe werden die Theilchen des Waſſers durch Verwandſchaft mit den Theilchen der Luft vereiniget. Allein weder die Theorie von den Verwandſchaften, noch irgend eine ſie betreffende Thatſache, berechtiget uns zu glauben, daß zwei ſolchergeſtalt vereinigte Subſtanzen ein Beſtreben erlangen ſollten ſich zu trennen, weil die Theilchen der Miſchung in eine größere Entfernung von einander geſetzt wurden; ein Umſtand, welcher, da er ihr Beſtreben gegen einander ſchwächt, ihnen eine beſſere Gelegenheit geben ſollte, ihre Verwandſchaft zum Waſſer auszuüben.

Feuchtigkeit kann daher durch dieſe Urſache nicht vermehrt werden, da die Vermehrung der Feuchtigkeit ein Merkmal ſeyn würde, daß das Waſſer ſich wirkſamer von den Theilchen der Luft trennte. Nun muß nach der Theorie des Hrn. de Lüc, wenn ein wäßriges Fluidum, das mit der Luft vermiſcht iſt, Feuchtigkeit in derſelben erzeugt, dieſe Feuchtigkeit durch Verdünnung der Luft vermindert werden. Dies iſt auch wirklich der Fall, denn es iſt weniger Waſſer in dem Recipienten nachdem ein Theil des Dampfes davon ausgepumpt worden iſt. Auch wird die Temperatur durch das Feuer bald wieder hergeſtellt, welches durch den Recipienten geht, um die Stelle desjenigen zu erſetzen, welches mit dem Dampfe weggeführt worden war.

Verdünnung der Luft, wenn die Menge des verdunſteten Waſſers die nämliche bleibt, iſt daher eine Urſache der Trockenheit, anſtatt der Feuchtigkeit. Nun kann in Rückſicht der andern Urſache einer Vermehrung der Feuchtigkeit, der Verdichtung der Luft, dieſe in der Atmosphäre nicht angenommen werden; es bleibt daher nur eine Urſache, durch welche wir die Niederſchlagung des Waſſers erklären können, welches in freier Luft verdünſtet iſt, nämlich Kälte. Zwar haben von undenklichen Zeiten her diejenigen, welche ſich bemühten, aus dieſer Urſache den Regen zu erklären, zu Schichten in der Luft ihre Zuflucht genommen, die in Bewegung und mehr oder weniger warm als diejenigen wären, worauf ſie träfen; allein auch dieſe Erklärung iſt ſchimäriſch.

Wenn in einer gegebenen Maſſe Luft das ausgedunſtete Waſſer ſein Maximum in einer gegebenen Temperatur erreicht hat, ſo trennen ſich, wenn die Hitze vermehrt wird, die Theilchen weiter von einander, und die Luft wird mehr Waſſer enthalten. Werden nun aber die Theilchen näher an einander gebracht, ſo entſteht ein Ueberfluß am Waſſer, und eben dieſer Ueberfluß wird niedergeſchlagen. Dieſe Thatſachen ſind gewiß. Nun wollen wir zwei Schichten Luft von verſchiedener Temperatur annehmen, die auf einander ſtoßen, deren jede ausgedunſtetes Waſſer bis zu deſſen Maximum für die Temperaturen enthalte, die jede hat; ſo wird die wärmſte Schicht ihre Wärme verlieren, und folglich auch ihr überflüſſiges Waſſer; die andre Schicht hingegen wird dieſe Hitze erlangen, und daher im Stande ſeyn, dieſes überflüſſige Waſſer aufzunehmen.

Als Herr de Lüc und ſein Bruder im Jahr 1770 am Fuße des Gletſchers von Buet waren, ſo hatte es einige Zeit geregnet, und das Thal und die benachbarten

Gebürge waren ganz mit Waſſer geſchwängert. Auch fand eine ſehr ſtarke Ausdunſtung von dem Boden dieſer Gebürge Statt, welche noch durch die Menge des ſchmelzenden Eiſes vermehrt wurde. Indeß beobachteten ſie einen Grad von Trockenheit, welchen man bei der nämlichen Temperatur auf den Ebenen gar nicht kannte. Als ſie nun zwei Jahre nachher an eben dieſen Ort mit einem Hygrometer zurückehrten, ſo fanden ſie, daß die Feuchtigkeit ſich verminderte, ſo wie ſie weiter hinaufſtiegen, und als ſie an den Gipfel kamen, wo eben das Eis anfieng zu ſchmelzen, diejenige auſſerordentliche Trockenheit, worüber ſie ſich bei ihrem erſten Beſuche ſo ſehr verwundert hatten.

Indeß ſie aber auf dem Gletſcher waren, fiengen doch, ſo trocken als es zu ſeyn ſchien, einige Wolken an, ſich in der Schicht zu bilden, wo ſie ſich eben befanden; anfangs rollten ſie um den Berg, allein bald bildeten ſie ſich durch die ganze Schicht, erſtreckten ſich weit in die Fläche hinaus, und wuchſen mit ſolcher Schnelligkeit, daß Herr de Lüc und ſein Bruder es für rathſamer glaubten, herabzuſteigen; noch ſtieg indeſſen das Hygrometer auf Trockenheit. Bald darauf, als ſie von dem Gletſcher gegangen waren, ward er mit Wolken bedeckt, und ehe ſie noch ihre Wohnung erreicht hatten, fiel aus der nämlichen Schicht ein ſtarker Regen, wo es vorher ſo auſſerordentlich trocken geweſen, und der Regen hielt die ganze Nacht, und zum Theil auch den folgenden Tag an.

Herr de Sauſſüre hat dieſe Beobachtungen des Hrn. de Lüc durch ungleich mehrere beſtätiget, welche alle dahin gehen, die große Trockenheit der Atmosphäre in dieſen obern Regionen zu beweiſen.

Das Waſſer, welches in dem untern Theile der Atmosphäre ſich befindet, dunſtet immerfort aus, und ſteigt

in die Luft empor, allein dieſes Ausdunſten vermehrt die Feuchtigkeit in derſelben keineswegs; denn bei trockner Jahreszeit vermindert es ſich immer mehr, der Boden wird endlich trocken, die Dünſte hören auf und der Thau verſchwindet überall, außer nahe am Waſſer. Dieſe Erſcheinung kommt freilich denjenigen nicht auffallend vor, welche glauben, daß das ausgedunſtete Waſſer in den höhern Regionen geſammelt wird, wo die Wolken gebildet werden. Indeſſen kann dieſer Begrif nicht Statt finden, denn wir wiſſen, daß bei heiterm Wetter, ehe Wolken gebildet werden, und ſelbſt unter den Wolken, die obern Regionen wenigſtens eben ſo trocken ſind, als der untere Theil der Atmosphäre in ſeinem größten Grade der Trokkenheit bei der nämlichen Temperatur. Dieſe Wolken werden alſo keinesweges von der Feuchtigkeit der Luft gebildet. Das unmittelbare Produkt der Ausdunſtung ändert auf gewiſſe Art ſeine Natur in der Atmosphäre, denn es wirkt nicht merklich auf das Hygrometer; und ſeine Verwandlung in einen Zuſtand des wäßrigen Dampfs, um Regen und Wolken zu erzeugen, entſteht von einer Urſache, die uns noch unbekannt iſt.

Unter den verſchiedenen Hypotheſen, um dieſe Schwierigkeit aufzulöſen, iſt diejenige des Herrn de Lüc die wahrſcheinlichſte, welcher annimmt, daß die wäßrigen Dünſte in der Atmosphäre in eine luftähnliche Flüſſigkeit verwandelt werden, und daß alsdann der Regen von der Zerſetzung dieſer Luft entſtehe. Nach dieſer Hypotheſe iſt es leicht einzuſehen, warum das Hygrometer von der Menge Waſſer keinen Einfluß leidet, welche öfters in der Atmosphäre vorhanden iſt.

Der Unterſchied zwiſchen Waſſer als Dunſt, und als eine luftähnliche Flüſſigkeit beſteht darin;

daß beim Dunſte die Vereinigung des Waſſers mit Feuer ſehr ſchwach iſt und durch Druck oder Kälte leicht zerſtört wird; da hingegen durch den Zutritt einer andern Subſtanz es dieſe Eigenſchaften verliert, und eine luftähnliche Flüſſigkeit wird. Es giebt verſchieden Gründe anzunehmen, daß mancherlei luftähnliche Flüſſigkeiten in der Atmosphäre ſich befinden, welche den Operatio- widerſtehen, die die Atmosphäre zu vermindern ſuchen, uns aber ganz unbekannt ſind. Nun kann die Wirkung dieſer oder anderer Subſtanzen in der Luft das Waſſer, als eine luftähnliche Flüſſigkeit betrachtet, zerſetzen, und ſolchergeſtalt Regen erzeugen. Ich verweiſe hier auf die Briefe des Herrn de Lüc, um einzuſehen, warum die franzöſiſche Theorie von der Zerſetzung des Waſſers keineswegs auf dieſen Fall angewendet werden kann.

Die Veränderungen des Barometers ſcheinen natürlicher Weiſe uns zu irgend einem ſolchen Schluſſe zu führen; denn wenn das Barometer, als ein Zeichen des Regens, fällt, ſo geſchieht dieſes vermöge einer Veränderung in der ſpezifiſchen Schwere der Luft; allein die Herren de Lüc und de Sauſſüre haben bewieſen, daß es niemals eine hinreichende Menge Dünſte in der Atmosphäre giebt, um den Unterſchied zu verurſachen, welcher durch dieſes Inſtrument hervorgebracht wird. Es giebt noch viele andre Phänomene, welche ſich nach den gewöhnlichen Grundſätzen nicht erklären laſſen, und die uns nöthigen, irgend eine andre Theorie von der Atmosphäre aufzuſuchen.

Geſetze der Ausdunſtung nach Hrn. de Lüc.

Herr de Lüc betrachtet hier, wie vorher, Feuchtigkeit in der Luft als die Modifikation einer eigenen Flüſſigkeit, die aus Waſſer und Feuer beſtehe, und mit der Luft, allein ganz **unabhängig** davon, gemiſcht ſey.

Auch ſieht er Ausdunſtung, (welche dieſe Feuchtigkeit verurſacht) als eine Wirkung des Feuers ohne Zwiſchenkunft der Luft an.

Daß ſie eine Wirkung des Feuers ſey, iſt offenbar; denn jede Flüſſigkeit kühlt, ſo wie ſie verdunſtet, weil der Theil der Flüſſigkeit, welcher verlohren geht, eine Menge Feuer der übrigen Flüſſigkeit raubt.

Herr Watt hat gezeigt, daß bei der gewöhnlichen Verdampfung des Waſſers in freier Luft, die Menge Feuer, welche die Maſſe verliehrt, zur Menge des Waſſers, welche weggeführt wird, in einem großern Verhältniſſe ſteht, als diejenige, welche in dem Dampfe gefunden wird, der durch das kochende Waſſer erzeugt wird. Man kann daher nicht zweifeln, daß Dampf im erſten wie im letzten Falle gebildet werde.

Wenn irgend Waſſer in einem Zuſtande der Verdunſtung iſt, ſo wird eine ausdehnbare Flüſſigkeit, welche aus Waſſer und Feuer beſteht, hervorgebracht. Dieſer Flüſſigkeit nun giebt Herr de Lüc den Namen Dampf. Ich bediene mich dieſes Ausdrucks ſo wie desjenigen Dunſt ohne Unterſchied.

So lange nun als Dampf vorhanden iſt, äußert er eine drückende Kraft wie die Luft ſelbſt: allein er gehört nicht zur Klaſſe bleibend elaſtiſcher Flüſſigkeiten, da er entweder durch Druck oder durch Abkühlung zerſetzt werden kann.

Es giebt, wie Sie geſehen haben, einen materiellen Unterſchied zwiſchen demjenigen, was **bleibend elaſtiſche Flüſſigkeiten** und **Dampf** oder **Dunſt** des Waſſers genannt werden; erſtere werden jeden bekannten Grad des atmoſphäriſchen Drucks erleiden, ohne zerſetzt zu werden; Dunſt aber wird durch einen zu großen Druck

zerſetzt. Da die Partikelchen des Waſſers hierdurch näher an einander gebracht werden, vereinigen ſie ſich, und verlaſſen das Feuer, welches, ſo wie es von ihnen geht, ſeine gewöhnlichen Eigenſchaften äußert.

Bleibend elaſtiſche Flüſſigkeiten können in hermetiſch verſchloſſenen Gefäßen nicht zerſetzt werden, weil ſie eben hierdurch verhindert werden, der Wirkung der Körper empfänglich zu werden, mit welchen ſie eine größere Verwandſchaft haben, als mit denjenigen, welche ſie in einem Luftförmigen Zuſtande unterſtützen; allein Dampf oder wäßrige Dünſte können in Gefäßen zerſetzt werden, welche hermetiſch verſiegelt ſind, welches zufolge des Beſtrebens des Feuers zum Gleichgewichte geſchieht, womit ſie vereiniget worden; wenn nun ſolchemnach die äußere Wärme vermindert wird, ſo verläßt das Feuer das Waſſer, um das Gleichgewichte der Temperatur wieder herzuſtellen. Bekommt nun das Feuer ein hinreichendes Uebergewichte an der Auſſenſeite, ſo tritt es zurück in das Gefäß, und es werden wieder Dünſte gebildet.

Da das ausdehnende Vermögen des Dampfs vom Feuer abhängt, wenn alle Umſtände die nehmlichen bleiben, ſo iſt es nach Verhältniß größer als die Theilchen, eine größere Menge enthalten.

Man ſieht, daß Dampf entweder durch Druck oder durch Abkühlung zerſetzt wird; weil er unter einer gegebenen Temperatur ein gewiſſes beſtimmtes Maximum der Dichtigkeit hat, welches mit der Temperatur wächſt.

Wenn nun alſo die Flüſſigkeit zu dem einer gewiſſen Temperatur entſprechenden Maximum gekommen iſt, ſo wird ſie entweder durch Abkühlung zerſetzt, indem ihr Maximum für dieſe Temperatur zu groß iſt, oder es geſchieht dies vermöge eines Anwachſens des Drucks ohne irgend alle Veränderung der Temperatur; denn hier iſt

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

ihre Dichtigkeit für dieſe Temperatur zu groß: in beiden Fällen wird das Waſſer von dem Feuer getrennt, welches es als Dampf erhielt.

Der Grad des Drucks, oder der ausdehnenden Kraft, welcher von dem Dampfe ausgeübt wird, oder den er ohne Zerſetzung aushalten kann, hängt von der Temperatur ab, und iſt ſeiner Dichtigkeit verhältnißmäßig.

Dampf wird bei jeder Temperatur gebildet, wo ein vorgängiger Raum deſſen Ausdehnung zuläßt; allein kein Dampf kann entſtehen, wo er ein Hinderniß zu überwältigen hat, welches unter dieſem Grade der Temperatur größer iſt, als ſeine ausdehnende Kraft; und wird er gebildet, weil das Hinderniß oder der Druck ſeine Kraft nicht übertraf, ſo wird er doch, wenn der Druck ſich vermehrt, oder die Temperatur nur etwas geringer wird, gänzlich zerſetzt.

Dieſe Umſtände ſind es, welche ſowohl den Grad der Hitze beſtimmen, unter welcher das Waſſer anfängt zu kochen, als auch die Veränderungen dieſes Grads zufolge der Veränderungen des Drucks; denn Aufwallen iſt derjenige Zuſtand einer Flüſſigkeit, in welchem Dampf des äußern Drucks ohnerachtet beſtändig innerhalb ſich ſelbſt gebildet wird; und um dieſe ausdehnende Kraft im Dampfe zu erzeugen, iſt ein gewiſſer Grad der Hitze in der Flüſſigkeit erforderlich, welcher durch den Grad des Drucks beſtimmt wird. Was nun den beſtimmten Punkt des Grads des kochenden Waſſers unter einem beſtändigen Drucke betrift; ſo wird er durch das Gleichgewicht zwiſchen der Menge des Feuers beſtimmt, welches fortfährt, in das Waſſer einzudringen, und demjenigen, welches im Dampf verfliegt, da der Unterſchied, welcher ſich in der Menge des Feuers ereignen kann, welches in das Waſſer tritt, keine andre merkliche Wirkung

hat, als diejenige, eine mehr oder weniger ſchnelle Bildung des Dampfs zu bewirken.

Hieraus können wir nun den Unterſchied zwiſchen den Erſcheinungen der gewöhnlichen Ausdampfung und Aufwallung einſehen. Aufwallung erfordert einen beſtimmten Grad von Wärme, weil der Dampf nicht innerhalb dem Waſſer gebildet werden kann, wofern er nicht ſtark genug iſt, den wirklichen Druck auf das Waſſer zu überwältigen: allein bey der gewöhnlichen Ausdampfung wird der Dampf und Dunſt an der Oberfläche des Waſſers durch jeden Grad der Temperatur gebildet; denn er trift keinen Widerſtand, den er nicht jederzeit überwältigen kann; er vermiſcht ſich blos mit der Luft, und dieſe dehnt er nach Verhältniß ſeiner Menge auf gleiche Art aus, als ob er eine neüe Menge Luft wäre.

Der Dampf, welcher durch die gewöhnliche Ausdunſtung gebildet wird, iſt von der nehmlichen Natur wie derjenige des kochenden Waſſers; allein in Rückſicht des Drucks, den er erleidet, iſt er demjenigen ähnlich, welcher durch die Ausdünſtung unter einem ausgepumpten Recipienten erhalten wird. Unter dem ausgepumpten Recipienten iſt der Widerſtand, welchen der Dampf antrift, von ſich ſelbſt, und folglich ſeiner eignen ausdehnenden Kraft verhältnißmäßig. In freier Luft iſt der Theil des ganzen auf dem Dampfe aufliegenden Drucks zu dem Ganzen wie deſſen Kraft zu demjenigen der ganzen Maſſe, indem der Ueberreſt des Drucks von der Luft getragen wird, womit er gemiſcht wird; welches Verhältniß nun in dem Drucke der Dampf erleidet, ſo bringt er ihn genau zu demjenigen des erſten, wie der Verſuch beweiſet.

Wenn das Thermometer 65° iſt, ſo trägt das Maximum der Ausdunſtung in einem ausgepumpten Recipienten, (die mittlern Reſultate der Verſuche) 0. 5 Zoll Queck-

ſilber in der kurzen Barometerprobe. Daß die Ausdünſtung im leeren Raume einerlei Urſache hat wie an freier Luft, ſieht man aus dem Verluſte der Wärme durch die Flüſſigkeit in dieſem Falle ſowohl als im andern; ein gleicher Druck wird auch erhalten, und demjenigen der Luft zugeſetzt, wenn der Recipient mit Luft erfüllt wird, wie man aus folgendem Beiſpiele ſieht.

Wenn das Thermometer noch gegen 95 iſt, und der Recipient wird mit Luft von gleicher Dichtigkeit gefüllt, wie diejenige in dem Zimmer, ſo wird ein Barometer, welches in dieſen Recipienten geſetzt worden, in gleicher Höhe wie in der freien Luft ſtehen. Wenn eine hinreichende Menge Waſſer eingelaſſen wird, um das Maximum der Ausdunſtung zu bewirken, ſo wird das eingeſchloſſene Barometer, wie die Probe 0. 5 eines Zolls ſteigen.

Da nun das Barometer in jedem Falle ein Manometer iſt, ſo geben uns die Phänomene, welche man in verſchloſſenen Gefäßen bemerkt, einen wahren Begriff von demjenigen, was ſich mit dem Dampfe in der Atmosphäre ereignet. Wenn der Dampf mit Luft gemiſcht wird, die Maſſe werde nun in ein Gefäß eingeſchloſſen, oder ſie befinde ſich in einem gewiſſen Theile der Atmosphäre, und begränzt an ihrem Orte, ſo werden beide Flüſſigkeiten auf das Barometer wirken, oder auf jedes Hinderniß, und ſo auch gegen einander, zufolge ihrer eigenthümlichen Kraft, weil keine mechaniſche Urſache die Zerſetzung des Dampfs anders bewirken kann, als daß deſſen Theilchen genöthigt werden, näher an einander zu treten, als mit der Temperatur übereinſtimmt, wodurch ſie erhalten werden; welcher Fall ſich in der Atmosphäre nicht zutragen kann, ausgenommen durch die Anhäufung des Dampfes in einem Theil derſelben; denn außerdem bleibt er mit der Luft gemiſcht zufolge der eigenen Geſetze deſſelben, als ob keine Luft vorhanden wäre.

Herr de Lüc betrachtet die ganze Theorie der Hygrologie, deren Gegenſtände im allgemeinen die Urſache der Ausdünſtung ſind, und die Modifikationen des ausgedunſteten Waſſers, als in den vorhergehenden Sätzen enthalten.

Die gemeinſchaftliche Quelle des ſolchergeſtalt in der Atmosphäre zerſtreuten Waſſers iſt die Oberfläche der Erde, daher wir denn bei freiwilliger Ausdünſtung ſowohl in der Luft, und im luftleeren Raume als beim Aufwallen das Waſſer ſehen, wie es das verborgene Feuer mit ſich führt.

Wenn das Produkt in einem verſchloßnen Raum geſammelt wird, ſo wirkt es auf gleiche Art, wie eine neue Menge einer ausdehnbaren Flüſſigkeit.

Es iſt aus Erfahrung bekannt, daß eine ausdehnende Flüſſigkeit in der That durch Aufwallen und durch Ausdünſtung in einem ausgepumpten Recipienten erzeugt wird, ſo wie denn kein Grund angeführt werden kann, um zu zeigen, warum die Urſache der Ausdünſtung und ihr Produkt ſich in irgend einem Falle blos durch die Gegenwart der Luft ändern ſollte; bei Unterſuchung nun, was ſich in freier Luft zutragen kann, finden wir keine beſondere Urſache der Vernichtung dieſer ausdehnenden Flüſſigkeit, oder irgend eine Schwierigkeit, um ihre Vertheilung in jeden Theil der Atmosphäre einzuſehen.

Hier verliert ſich das Anſehen des Dampfes; denn wäßrige Dünſte ſind für ſich nicht ſichtbar, daher ſie auch in der Atmosphäre nicht geſehen werden. Damit gemiſcht können ſie von ihr nicht unterſchieden werden, weil ſie eben ſo durchſichtig ſind, als ſie ſelbſt iſt. In einem luftleeren Raume würden ſie für eine elaſtiſche Flüſſigkeit gehalten werden, wenn wir von ihnen blos aus ihren mechaniſchen Wirkungen urtheilten, ohne ſie einer chemi-

ſchen Zergliederung zu unterwerfen. In der Luft iſt ihre mechaniſche Wirkung eben ſo wenig bemerkbar als diejenige von irgend herumſchwebenden Theilchen der Luft; ſo wie wir von ihrer Funktion in der Atmosphäre keine Kenntniß haben würden, wenn es nicht zufolge ihrer Eigenſchaft geſchähe, daß ſie Feuchtigkeit bewirkten. *)

Von den blaſenförmigen und concreten Dünſten.

Wenn Dünſte oder Dämpfe zerſetzt werden, ſo verläßt, wenn ſie mit Subſtanzen zuſammen hängen, deren Wärme geringer iſt, als ihre eigene, das Feuer die Dünſte, und das Waſſer wird an der Oberfläche des Körpers in Form von Thau, und in Tropfen abgeſetzt. Iſt die Wärme ſo geringe wie bei dem Gefrierungspunkte, ſo werden die Dünſte kriſtalliſirt, und in regelmäßigen ſehr ſonderbaren Figuren abgeſetzt.

Wenn die Dünſte in der Luft auf keine Subſtanzen ſtoßen, ſo vereinigen ſich die Waſſertheilchen, und bilden entweder ſphäriſche dichte Tropfen, oder hohle Kugeln, oder gefrorne Eisſplitter.

Die dichten Tropfen vereinigen ſich, und erzeugen Regen. Die Eisſplitter ſind die erſten Elemente des Schnees; allein da ſie öfters ſehr klein ſind, und in der Luft ſchweben bleiben, wo ſie zu verſchiedenen Meteoren Gelegenheit geben, ſo ordnet ſie Herr de Sauſſüre in die Klaſſe der Dünſte, und giebt ihnen den Namen concrete Dünſte.

Das Daſein hohler Kugeln, oder der blaſenförmigen Dünſte iſt öfters angenommen worden, ehe noch die Phy-

*) Herrn de Lüc's Abh. in dem 2ten Theile der philoſ. Transakt. vom Jahre 1792.

ſiker im Stande geweſen ſind, ſie den Sinnen darzuſtellen. Die einfachſte und unterrichtendſte Art, ſie zu beobachten, iſt: Man ſetzt ein Gefäß mit einer warmen wäßrigen Flüſſigkeit von einer dunklen Farbe z. B. Koffee, oder Waſſer mit Dinte gemiſcht, den Strahlen der Sonne an einem heitern Tage, wenn die Luft ſehr ruhig iſt, aus; ſo wird man eine Wolke von der Flüſſigkeit aufſteigen ſehen, die eine gewiſſe Höhe erreicht, und ſodann verſchwindet. Ein aufmerkſames Auge entdeckt bald, daß dieſe Wolke aus kleinen, weißen und von einander getrennten Kügelchen beſteht. Um ſich völlig davon zu überzeugen und ihre Form, ſo wie ſie von der Oberfläche der Flüſſigkeit aufſteigen, genauer zu beobachten, darf man nur ſich eines Vergrößerungsglaſes von ohngefähr 1½ Zoll Brennweite bedienen, und daſſelbe außerhalb der Dünſte halten, damit es ſeine Durchſichtigkeit nicht verliere.

Auf dieſe Art ſieht man, daß ſphäriſche Kugeln von verſchiedenen Größen mit mehr oder weniger Schnelligkeit von der Oberfläche aufſteigen. Die kleinern ſteigen ſehr ſchnell auf, und ziehen bald über das Feld der Linſe weg, die größern hingegen fallen auf die Flüſſigkeit zurück, und ſchweben, ohne ſich mit der Flüſſigkeit zu vermiſchen, ſo leicht auf ihrer Oberfläche, daß man ſie durch den Hauch von einer Seite zur andern treiben kann. Zuweilen ſieht man, daß dieſe Kügelchen plötzlich anfangen ſich zu bewegen; die kleinſten werden durch die geringſte den Sinnen kaum bemerkbare Bewegung der Luft, losgeriſſen und zum Aufſteigen gebracht, fliegen davon und verſchwinden, indeß die größten auf der Oberfläche hin und her rollen, ohne ſie zu verlaſſen; ein ander Mal fallen verſchiedene derſelben, welche ſchon in der Luft ſchwebten, auf die Oberfläche zurück, wirbeln einige Zeit wie Tauben auf einem friſchbeſäeten Boden auf derſelben herum, ſteigen ſodann bei der geringſten Bewegung wieder auf und fliegen davon.

Die Leichtigkeit dieſer kleinen Kügelchen, ihre Weiſſe u. ſ. f. giebt ihnen ein Anſehen, welches ganz von dichten Kügelchen verſchieden iſt; ihre vollkommne Aehnlichkeit mit den gröſsern Kugeln, welche man auf der Oberfläche der Flüſſigkeit ſchwimmen ſieht, läſst in Rückſicht ihrer Beſchaffenheit weiter keinen Zweifel übrig; man darf ſie nur ſehen, um ſie ſogleich für hohle Bläschen, gleich denjenigen, welche man aus Waſſer und Seife aufbläſet, zu erkennen.

Herr Kratzenſtein bemühete ſich, ihre Gröſse zu beſtimmen, indem er ſie mit einem Haare verglich, wo er ſie dann zwölfmal kleiner als das Haar fand, deſſen Durchmeſſer der 300ſte Theil eines Zolls war, und folglich eine derſelben blos den 3600ſten Theil des nämlichen Maaſses betrug.

Um ſie indeſſen genauer zu beobachten, bediente ſich Herr de Sauſſüre einer Art Dampfkugel, welche aus zwei Kugeln beſtand, d. i. einer Glasröhre, welche bei A Fig. 10. Taf. V. 1. Bd. zugeſchmolzen, bei D aber offen war; die zwei Kugeln hatten mit einander und der Oeffnung oder dem Halſe D Gemeinſchaft. So lieſs er dann in die Kugel B einige Tropfen Waſſer, und ſetzte ſie über die Flamme einer Weingeiſtlampe, damit die Kugel nicht anlaufen ſollte; ſobald als das Waſſer in der Kugel B merklich erhitzt wird, (indeſs die Kugel C noch kalt bleibt) können Sie ſehen, wie die Dämpfe aus der Kugel B in die Kugel C übergehen, und ſich hier in Geſtalt einer Wolke verdichten, welche ganz aus ſolchen Bläschen beſteht; wenn nun aber das Waſſer in B kocht, ſo erwärmet der Strom der elaſtiſchen Dünſte, welche in C übergehen, dieſe Kugel, und da die Dünſte jetzt nicht mehr verdichtet werden, ſo wird man ferner weder Wolken noch Bläschen gewahr werden, ſie wird jetzt vollkommen durchſichtig, und der

Strahl geht aus dem Halſe B wie aus einer Dampfkugel. Nehmen Sie nunmehr die Dampfkugel von der Flamme, und kühlen die Kugel C vermittelſt kalten Waſſers ab, ſo werden auch die blaſenartigen Dünſte wieder erſcheinen. Setzt man dieſe Kugel auf das Geſtelle eines Mikroſkops, ſo kann man dieſe Dünſte mit der größten Bequemlichkeit beobachten.

Sie werden zuweilen ſogar im Stande ſeyn, ſie in einem Nebel oder in einer Wolke zu beobachten, wenn Sie ſich auf einem erhöhten Orte befinden; zu dieſer Abſicht bediente ſich Herr de Sauſſüre einer Vergrößerungslinſe von $1\frac{1}{2}$ oder 2 Zoll Fokus, welche er mit der einen Hand nahe ans Auge, in der andern Hand aber irgend eine feine, flache und polirte Oberfläche von einer ſchwarzen Farbe z.B. den Boden einer Doſe von Schildkröte hielt; indem er nun dieſe ſolchergeſtalt gegen die Linſe führte, bis er nahe an dem Fokalabſtande derſelben war, ſo wartete er jetzt, bis die Bewegung in der Luft einige Theilchen der Wolke in den Fokus der Linſe brachte; war die Wolke dicke, ſo trug ſich dieſes bald zu, und er ward runde und weiße Theilchen gewahr, welche mit der Geſchwindigkeit eines Blitzes vorbei giengen, andre hingegen ſich langſam bewegten, einige auf der Oberfläche der Schildkrötſchale dahinrollten, noch andre ſchief dagegen auffielen, und wie ein Ball von einer Wand abprallten, oder andre, welche ſich daran feſt anhiengen. Auch konnte man kleine Waſſertropfen gewahr werden, die ſich auf der Schildkrötſchale feſtſetzten; indeſſen konnten dieſe leicht von den hohlen Kügelchen durch ihre Durchſichtigkeit, Schwere und ihren Gang unterſchieden werden.

Ferner bilden Wolken keinen Regenbogen, ſondern er entſteht durch dichte Tropfen; wenn eine Wolke nicht in einem wirklichen Zuſtande der Aufloſung iſt, ſo verän-

dert ſie die Geſtalt der Sterne nicht, die dadurch geſehen werden; denn unendlich ſchwache Meniſken verändern nicht merklich den Gang der Lichtſtrahlen. Allein ſobald als die Wolke anfängt ſich in dichte Tropfen aufzulöſen; ſelbſt wenn ohne Wolken dichte Tropfen anfangen ſich in der Luft zu bilden, ſo werden die Sterne, welche durch dieſelben geſehen werden, undeutlich, ſind mit einem zerſtreuten Lichte, mit Kreiſen und Ringen umgeben; daher ſind denn auch dergleichen Erſcheinungen die Vorläufer des Regens, denn Regen iſt nichts anders, als ſolche Tropfen, die ſich vergrößert und vereiniget haben. Wenn die blaſenartigen Dünſte durch Kälte verdichtet werden, ſo wird das Waſſer, welches die Blaſe bildete, zuweilen in Haarfroſt, zuweilen in Schnee kriſtalliſirt; wenn es nicht gefriert, ſo vereinigen ſie ſich in Thau, oder fallen als Regen. Verſchiedene andre ganz beſondre Eigenſchaften in Rückſicht der blaſenartigen und dichten Dünſte ſind in dem vortreflichen Werke des Herrn de Sauſſüre über die Hygrometrie angeführt.

Von den mineraliſchen Wäſſern.

Eine vollſtändige Unterſuchung der Eigenſchaften der mineraliſchen Wäſſer iſt eigentlich ein Gegenſtand der Chemie; allein ſeit den Entdeckungen des Dr. Prieſtley hat ſie ſo ſtarken Einfluß in die Phyſik gewonnen, daß ich ſie daher nicht ganz mit Stillſchweigen übergehen kann.

Der Name mineraliſche Wäſſer wird überhaupt irgend einem Waſſer gegeben, welches fremde Grundſtoffe in ſich enthält, um eine ganz verſchiedene Wirkung gegen diejenige in dem menſchlichen Körper zu erzeugen, als ſonſt von Waſſern erfolgt, welche zum gewöhnlichen Getränke

angewendet werden. Unſre Vorfahren waren beſonders aufmerkſam, ſich heilſame Waſſer zu verſchaffen; und beſtimmten darnach die Orte ihrer Niederlaſſung und Wohnung, ſo wie die Wahl der Lage der Häuſer. Hippokrates, der Vater der Medizin, kannte den Einfluß des Waſſers auf den menſchlichen Körper nur zu wohl, und ſagt ausdrücklich, daß allein die Beſchaffenheit des gewöhnlichen Getränks die Verſchiedenheit unter den Menſchen modificire und zuwege bringe.

Wenn wir überlegen, daß viele von den alten Phyſikern annahmen, daß alle Dinge urſprünglich vom Waſſer herkämen, ſo kann man leicht denken, daß ſie eine ausgebreitete Ueberſicht der Operationen der Natur müſſen gehabt haben. Wir ſehen, daß es Thau, Wolken, Regen, Schnee, und andre Meteore erzeugt; auch werden wir bemerken, wie jede Pflanze, und jedes Thier durch daſſelbe ſein Wachsthum erhält. Wenn wir die Materalien chemiſch unterſuchen, aus denen thieriſche und vegetabiliſche Subſtanzen zuſammengeſetzt ſind, ſo finden wir immer, daß das Waſſer ein Hauptingredienz iſt. Nichts bleibt alsdenn übrig, als die feſten und unbelebten Theile der Erde; und ſelbſt wenn wir die verſchiedenen Erden, Felſen, Steine, und Mineralien, woraus das trockne Land, und die ungeheure Maſſe der Gebürge beſteht, näher unterſuchen, ſo werden wir je mehr und mehr Urſache zu dem Gedanken haben, daß ſie ihren Urſprung von dem Waſſer ziehen.

Im Marmor, Kreide und Kalkſtein finden wir deutliche Spuren von der See; und vernünftigerweiſe können wir von dieſen Lagern nicht anders urtheilen, als daß das Waſſer gröſstentheils bei ihrem Entſtehen hülfreiche Hand geboten habe. Und da wir ferner dieſe Lager unregelmäßig mit den härteſten Felſen ober- und unterhalb

vermiſcht finden, ſo müſſen wir ſie anſehen, als ob ſie ganz von einerlei Quelle ihren Urſprung haben. Bei Unterſuchung der Felsſchichten werden Sie Merkmale finden, welche deutlich darthun, daß ſie von der See herrühren. So zeigen die Lager des Sandſteins, welche ſehr ausgebreitet ſind, ſchon ihrem Anſehen nach, daß ſie urſprünglich Seeſand geweſen; ſie werden in kleine Schichten getheilt, und in horizontale Lager unterſchieden, welche die nämliche wellenförmige Oberfläche haben, wie der Sand des Seeufers.

Kiesartige Subſtanzen ſcheinen die ſtärkſten Einwürfe gegen dieſes Syſtem zu machen, da ſie der Wirkung des Waſſers ſo ſehr als irgend Subſtanzen in der Natur widerſtehen: allein es giebt viele Erſcheinungen in der Natur, welche zeigen, daß Kalkerde mit der Länge der Zeit in eine kieſige Materie verwandelt wird; ſo wie man denn auch Seemuſcheln ſehr häufig darin antrifft, welche ihre kalkartige Natur verloren haben, und in den hárteſten und reinſten Kies verwandelt worden ſind. Im Bergharz und in Steinkohlen finden wir deutliche Merkmale eines vegetabiliſchen Urſprungs.

Die Zergliederung des Waſſers iſt nicht nur in phyſikaliſcher Rückſicht, ſondern auch als ein Gegenſtand der Medizin ſehr nutzbar, um zu beſtimmen, ob irgend ein Waſſer anwendbar ſey, um diejenigen zu kennen, welche mediziniſche Kräfte beſitzen, und um ſie mit Vortheil da anzuwenden, wo ſie ſchicklich ſeyn dürften; ferner um diejenigen Waſſer, die man nach verſchiedenen Abſichten für die beſten erkennt, zu verſchiedenen Arbeiten und Manufakturen zuzubereiten, unreine Waſſer zu verbeſſern, und endlich die bekannten Mineralwäſſer an jedem Orte und zu allen Zeiten nachzuahmen. Wir mögen nun alſo Mineralwaſſer in Rückſicht ihrer Bildung, oder

zufolge des Nutzens betrachten, welchen ſie leiſten, ſo haben wir doch immer Urſache, ſie als herrliche Geſchenke der göttlichen Vorſehung anzuſehen. Allein es iſt mit dieſen ſo wie mit andern Segnungen, nur zu oft ſind wir dabei gefühllos und undankbar. „Wie viele, für welche die Wunder der Schöpfung geſchahen, halten ſie ihrer Aufmerkſamkeit kaum werth! Engel bewundern, und beten an, wo der Menſch es kaum werth hält hinzublicken, und es eines Gedankens zu würdigen.“

Man theilt die Mineralwäſſer in verſchiedene Klaſſen, zufolge der Subſtanzen, welche ſie enthalten.

1) Die ſäuerlichen, welche eine luftförmige Flüſſigkeit enthalten, die dieſen Waſſern eine Schärfe wie diejenige beim Gähren ertheilt. Dieſe Schärfe offenbart ſich deutlich, wenn man ein ſolches Waſſer aus einem Gefäße ins andre gießt, und iſt zuweilen ſo beträchtlich ſtark, daß ſie Flaſchen zerſprengt. Sie färben die Tinktur der Sonnenwende roth, und ſchlagen Kalkwaſſer nieder.

2) Zuweilen findet man eine Säure in den Quellwaſſern, welche ſie merklich ſauer macht; dies entſteht beſonders von der Vitriolſäure; indeſſen hat dieſe Säure im allgemeinen eine ſo ſtarke Neigung ſich mit den verſchiedenen Subſtanzen zu vereinigen, durch welche das Waſſer eines Quells geht, daß ſie ſelten in einem abgeſonderten Zuſtande in dem Waſſer angetroffen wird.

3) Nicht ſelten findet man im Waſſer ein alkaliſches Salz, welches insgemein das mineraliſche Alkali iſt.

4) Neutral Salze. Von dieſen ſind diejenigen, welche insgemein gefunden werden, gemeines Salz, und zuweilen Salpeter.

5) Erdige Subſtanzen. Von dieſen findet man zuweilen die kalkartigen. Es giebt Mineralwaſſer, welche ſoviel Kalkerde enthalten, daß ſie andre Körper zu verſteinern im Stande ſind.

6) Erdige Zuſammenſetzungen. Sie werden auf dieſe Art öfters kalkartige und andre Erden finden, welche vermittelſt einer Säure im Waſſer ſchweben. So findet man Gips in beinahe allen Wäſſern; Epſomer Salz findet man in großer Menge, ſo wie man auch zuweilen Alaun trift.

7) Schwefelwäſſer. Von dieſen Wäſſern hat man lange Zeit geglaubt, daß ſie Schwefel aufgelöſt enthielten; allein Bergman hat bewieſen, daß die meiſten dieſer Wäſſer mit hepatiſchem Gas geſchwängert ſind. Dieſe Klaſſe zeichnet ſich vorzüglich dadurch vor andern aus, daß ſie wie faule Eier riechen.

8) Stahlwaſſer. Sie beſitzen einen ſehr zuſammenziehenden Geſchmack, und geben bei der Auflöſung des Kalkpräcipitats eine blaue Farbe. Das Eiſen wird entweder durch fixe Luft, oder Vitriolſäure in Auflöſung erhalten.

Zuweilen iſt die Säure im Ueberfluß vorhanden, und dann haben die Wäſſer einen durchdringenden ſäuerlichen Geſchmak, wie das Pyrmonter und Spawaſſer. Zuweilen iſt indeſſen die Säure nicht übermäßig, und dann ſind die Wäſſer nicht ſäuerlich.

Bei den chemiſchen Schriftſtellern werden Sie das Verfahren angegeben finden, dieſe verſchiedenen Wäſſer zu zergliedern. Wenn die Analyſe vollſtändig iſt, ſo kann die Zuſammenſetzung weiter mit keiner Schwierigkeit verbunden ſeyn: Die Nachahmung der Mineralwäſſer iſt alſo jetzt kein unauflösliches Problem mehr. Die Prozeſſe der

Natur ſind blos in denjenigen Operationen unnachahmbar, welche die Lebenskraft betreffen. In jenem Fall können wir noch mehr thun als blos nachahmen; wir können ſogar willkührlich die Natur und das Verhältniß der Beſtandtheile abändern, und ſo wie es die Umſtände erfordern, ihnen mehr oder weniger Stärke geben. In künſtlichen Wäſſern ſind die Ingredienzien bekannt, indeß die Ingredienzien der Wäſſer in ihrem natürlichen Zuſtande jederzeit unbekannt ſind.

Vierzehnte Vorleſung.

Von der Art, wie man in der Phyſik räſonniren muß.

Bei Ankündigung dieſer Vorleſungen verpflichtete ich mich, Ihnen die Art und Weiſe anzugeben, wie man in der Phyſik räſonniren müſſe, um Sie ſolchergeſtalt in Stand zu ſetzen, das Wahre und Sichre von dem Falſchen und Eiteln zu unterſcheiden. Dies kann, wie ich glaube, nicht wirkſamer geſchehen, als wenn ich Sie zu den Schriften des Lord Bacon führe, deſſen Plan für die Vervollkommnung aller Kenntniſſe den ganzen Umfang der Natur in ſich faßt. Man kann ihn als den großen Wiederherſteller der wahren Gelehrſamkeit und den Gründer der Experimental-Phyſik anſehen, da er in Rückſicht der Entdeckung der Quellen ehemaliger Irrthümer und Vorurtheile, und zu Wiederherſtellung einer wahren Methode nach Grund und Urſache zu forſchen, mehr gethan hat, als von allen Philoſophen der vorhergehenden Zeitalter gethan worden iſt.

Er hat uns ein Organon von einem ganz verſchiedenen Urſprunge und Einrichtung geliefert, als dasjenige des Ariſtoteles iſt; ein Werk, das, anſtatt Kenntniſſe mit künſtlichen Formen zu verwirren, und Wiſſenſchaften mit Streitigkeiten zu verwickeln, Wahrheit und Natur durch tauſenderlei Verſuche herausbringt, und ſie zwingt, ſolche Geheimniſſe zu bekennen, welche troz aller Sillogiſmen bisher verborgen gelegen, und durch deren Entdeckung, Künſte und Wiſſenſchaften zur Ehre der Wiſſenſchaften und zum Vortheile der Geſellſchaft ſich empor gehoben haben.

Zwei Umſtände tragen beſonders ſehr viel zu den Verdienſten des Lord Bacon bei. Der erſte iſt, daß zu der Zeit, als ſein Werk geſchrieben wurde, die Welt noch kein Muſter von inductiver Philoſophie kannte, woraus ſeine Regeln hergeleitet und mit Beſtimmtheit abgezogen werden konnten. Poeten und Redner hatten ihre Künſte zu einer Vollkommenheit gebracht, ehe ſie vom Ariſtoteles waren beſchrieben worden; ſeine Regeln waren von den vollkommenſten Muſtern dieſer Künſte abgezogen worden, die Kunſt, die Natur zu verdollmetſchen hingegen war noch nicht geboren, als Bakon mit ungewöhnlicher Stärke des Geiſtes ihre männlichen Züge und Verhältniſſe entwickelte. Der zweite Umſtand, welcher unſerm edeln Verfaſſer beſonders zur Ehre gereicht, iſt, daß er frei von jeder Abſicht war, irgend eine philoſophiſche Sekte zu gründen, oder ſich Nachfolger zu verſchaffen: Er wurde durch ungleich beſſere Ausſichten, und uneigennützigere Abſichten dazu bewogen. Er ſuchte blos, den Menſchen gleichſam an der Hand zu führen, und ihn anzuweiſen, der Natur zu folgen, um nicht mehr nöthig zu haben, irgend einem Philoſophen blindlings zu folgen.

Das Gemälde eines wahren Philoſophen kann nicht beſſer entworfen werden als durch Bakon's eignen Pinſel, und nach ſeinem eigenen Beiſpiele. Er zeigt Liebe zur Wiſſenſchaft, ihren Vortheilen und ihrer Vervollkommnung, ohne jedoch den Pomp der Gelehrſamkeit zu affektiren; er iſt ein vollkommen freier, unpartheiiſcher und aufrichtiger Beurtheiler ehemaliger Zeiten, allein ohne Stolz oder Ruhmſucht; ſein Urtheil iſt durchdacht und gegründet; ſein Witz, obſchon lebhaft und erhaben, artet doch niemals in wilde und ausgelaſſene Zügelloſigkeit, oder Verſpottung geheiligter Dinge aus. Seine Einbildungskraft war fruchtbar und ausgebreitet, durchlief alle Zeiten

und Regionen des Univerſum, verſchafte neue Gedanken und Begriffe, und verſah ihn mit Bildern, welche jene Begriffe ausdrückten und verkörperten. Bei ihm finden Sie die ſtrengſte logiſche Genauigkeit mit der erhabenſten Beredſamkeit gepaart, und während er in Kenntniſſen fortſchritt, triumphirte er nicht blos über die Barbarei der vorhergehenden Zeitalter, ſondern auch über die Pedanterei des ſeinigen. Seine Kenntniſſe waren ſo umfaſſend, und ſo allgemein, daß er jeder Wiſſenſchaft Meiſter, und nicht blos mit allen Zeitaltern vertraut, ſondern als Diener in den Geheimniſſen der Natur eingeweiht geweſen zu ſeyn ſcheint. Ein ſo großer innerer Werth, deſſen er ungetheilt und unübertroffen genoß, mußte ſeinem Anſehen ein auſſerordentliches Gewicht geben, und ſeinen Namen an die Spitze der Gelehrten ſtellen.

Mit einer Fähigkeit von mehr als gewöhnlichem Umfange, ein Rieſe in der gelehrten Welt, bricht er durch die Ketten, mit welchen das Anſehen, oder die Tradition das menſchliche Geſchlecht gefeſſelt hielt, unterjocht die Irrthümer, die vom Aberglauben und Unwiſſenheit geſchmiedet und unterhalten wurden, geht weit über die Säulen hinaus, die als Grenzen des menſchlichen Wiſſens aufgeſtellt worden, und öfnet neue Landſchaften des Lichts und neue Regionen der Wahrheit, die man ehedem für unbebaubar und nutzlos hielt; gleichſam auf nichts als auf Wahrheit bedacht, oder nach ſeinem ädlen Ausdrucke, „überwunden von der unſterblichen Liebe zur Wahrheit.“ Indeß er gemeine Irrthümer aufdeckt und verbannt, äußert er jedoch nirgends Verachtung gegen die alten Beſitzer, oder behandelt die gemeinen Meinungen der Menſchen mit Schimpf und Spott. Nie, ſagt er ſelbſt, müſſen wir unſre Erfindungen durch Verachtung des Alterthums zu erheben ſuchen, noch uns mit dem Triumpf der Widerlegung brüſten.

Der Entzweck der Phyſik iſt, die Kenntniſſe und Kräfte des Menſchen zu vermehren, und ihn in Stand zu ſetzen, die Wege und das Verfahren der Natur einzuſehen. Durch Entdeckung der Geſetze der Natur erlangt der Menſch Kenntniß und Kräfte, denn wenn dieſe Geſetze entdeckt ſind, ſo kann er ſie als praktiſche Regeln anwenden, um der Natur durch Kunſt gleichzuarbeiten, oder ſie ſelbſt noch zu übertreffen. Von der Entdeckung dieſer Geſetze hängt folglich die Vollkommenheit der Phyſik, und die Erweiterung der menſchlichen Kenntniſſe und Kräfte ab.

Zu dieſem Entzwecke giebt Lord Bacon ein ungleich vollkommneres Verfahren an, die Vernunft anzuwenden, als wozu Menſchen bisher gewöhnt waren, indem er zeigt, auf welche Art der Verſtand geſchärft und vervollkommt, die Schwierigkeiten beſiegt, und ſo die Dunkelheiten der Natur aus dem Wege geräumt werden können. Der erſte Theil ſeines Novum organon, welchen man eine Grammatik der Naturſprache nennen könnte, hat die Abſicht, den Verſtand zu reinigen und vorzubereiten, um im Stande zu ſeyn, die Unterweiſungen anzunehmen und der Hülfsmittel ſich zu bedienen, die im zweiten Theile niedergelegt werden.

Die menſchliche Seele muß, gleich einem Spiegel, von den falſchen Vorſtellungen und verkehrten Begriffen gereinigt und befreiet werden, ehe ſie im Stande iſt, das Licht der Wahrheit, und wahre Unterweiſung aufzunehmen und wieder zurückzuſtrahlen. Sie können daher, mit den Pythagoreern, als einen Grundſatz annehmen, daß den menſchlichen Fortſchritten ein angemeſſener Grad von Reinigung vorangehen, oder ſie begleiten muß; denn ſo wie das kranke Auge nicht eher, als bis es ſeine vollkommne Stärke wieder erlangt hat, den Anblick heller Gegenſtände ertragen kann, ſo kann auch die Seele, ohne gehörige Reinigung,

keineswegs die Schönheit und den Glanz der Wahrheit ertragen.

Wir müſſen daher im Verfolge der Wahrheit uns von allen Lieblingsmeinungen oder falſchen Begriffen frei machen, die ſich der Seele bemächtiget haben. Jeder Tendenz des Verſtandes, wodurch ein Menſch in ſeinem Urtheile irre geführt, oder in Irrthum gezogen werden kann, giebt Lord Bacon den Namen Idol, eine Benennung, welche ſehr richtig falſche Kenntniß karakteriſirt; denn irrige und falſche Kenntniß iſt eine Art von Götzendienſt, Anbetung aber gebührt nur dem einzigen wahren.

Irrthum iſt das Gegentheil von Wahrheit. Irrthum iſt diejenige Falſchheit, welche ſich entweder der Schwäche des Verſtandes, oder der Verderbtheit des Willens, oder des ungezügelten Einfluſſes der Einbildungskraft, bemächtigt und den Anſchein der Wahrheit annimmt. Wahrheit iſt die Geſundheit, ſo wie Irrthum die Krankheit der Seele. Durch Reinigung der Seele vom Irrthume werden Sie fähig, die göttliche Wahrheit anzunehmen; durch Reinigung Ihres Herzens nähern Sie ſich der göttlichen Güte, und genießen ſodann die Glückſeligkeit, die von einer ſo erhabenen Verbindung entſpringt.

Die Idole der Seele ſind entweder erlangt, oder natürlich, und entſpringen entweder von den Lehren und Meinungen der Menſchen, von den falſchen und verkehrten Geſetzen und Beweisarten, oder kleben dem Verſtande an. Ihre erſte Bemühung muß ſolchemnach darauf gerichtet ſeyn, die Seele von falſchen Theorien zu reinigen, ſodann ſie aus der Sklaverei verkehrter Beweiſe zu befreien, und endlich in Rückſicht ihres eigenen Irregehens in Hut zu ſeyn, indem Sie entweder die ihnen anhängenden Idole ganz ausrotten, oder doch ſo über ſie wachen, daß die Verkehrtheiten, die ſie veranlaſſen, wieder verbeſſert werden

können. Es gehört viele Zeit dazu, ehe wir dahin gebracht werden können, einzuſehen, daß das, was wir zu thun gewohnt ſind, falſch iſt, und ſelbſt dann, wenn wir das Falſche einſehen, iſt es nicht leicht, das Falſche zu ändern oder abzulegen. Wo ſchon Vorurtheile und herrſchende Neigungen auf den Verſtand wirken, da wird es ſchwer halten, daß Wahrheit deutlich eingeſehen, oder ihr feſt angehangen werde. Dinge von ganz verſchiedener Natur werden dann untereinander gemengt, und das, was offenbar deutlich iſt, wird verdunkelt. Die Mühe iſt ſehr groß, allein eben ſo groß iſt auch die Belohnung.

Es iſt daher die Pflicht eines jeden Philoſophen, ſein Gemüth ſo zu bearbeiten, daß es der Ueberzeugung offen ſteht, und Irrthümer erkennt und berichtiget. Eine halsſtarrige Anhänglichkeit an Irrthum entſteht insgemein von Selbſtdünkel, oder von einem unbedingt angenommenen Syſtem. Wahre Weisheit hat zu ihrem Geſellſchafter jederzeit Mißtrauen und Demuth.

Lord Bacon theilt die ungünſtigen Vorurtheile des Gemüths in vier Klaſſen, in Idole des Geſchlechts oder der Gattung, des Standpunkts oder der Höhle, der Geſellſchaft oder des Markts, und der Bühne. *)

Die Idolen der Gattung ſind diejenigen, welche allen Menſchen gemein ſind, dergleichen z. B. ein ganzes Geſchlecht beſitzt; ſie entſpringen aus der Konſtitution des Menſchen ſelbſt, und haben ihren Nutzen in dem gegenwärtigen Zuſtande der menſchlichen Natur; allein durch Uebermaß, oder Mangel, oder durch ſchlechte Lenkung führen ſie uns in große Irrthümer. Der menſchliche Ver-

*) Idola tribus, ſpecus, fori, theatri.

ſtand iſt einem Spiegel mit einer unregelmäßigen Oberfläche gleich, welcher ſeine eigene Natur mit der Natur der Dinge vermiſcht, und ſie folglich entſtellt und verkehrt. Philoſophen müſſen ſich daher jederzeit bemühen, die Dinge ſo anzuſehn, als ob ſie einen Theil des Univerſum ausmachen, und ihr eigenes angewieſenes Amt und Anwendung darin haben; allein immer iſt man nur zu willig, ſie blos ſo zu betrachten, daß ſie irgend ein beſonderes Verhältniß auf unſre Sinne haben, ein Weg, auf welchem man nie ihren ſiſtematiſchen und koſmiſchen Nutzen oder ihre Eigenſchaften entdecken wird.

Die der menſchlichen Natur gewöhnlichen Idole ſind ſo zahlreich, daß ich ihrer hier nur blos einige wenige anführen kann: hieher gehört zuerſt das Anſehen *), wodurch die Menſchen in ihren Meinungen nur zu oft geleitet werden.

Es drükt gewiſſermaßen das Siegel der Unfehlbarkeit auf dieſe Meinungen, verſchließt die Thüre zu aller Kenntniß, und zerſtört ſolchergeſtalt die Hoffnungen der Nachkommenſchaft gröſtentheils. Immer ſollten wir vorwärts zu dringen ſtreben, und nie glauben, daß die Bemühungen eines Menſchen den menſchlichen Kenntniſſen beſtimmte Gränzen geſetzt haben; oder diejenigen anhören, die, nachdem ſie ihrem Rufe einen Götzentempel errichtet haben, von uns verlangen, hier ſtehen zu bleiben und anzubeten, und es nicht zu wagen, die Grenzen zu überſteigen, die ſie der menſchlichen Vernunft geſetzt haben. **) Nie war es nothwendiger als jetzt, die Gefahren auszuzeichnen, die von dem Einfluſſe des Anſehens entſpringen, da Sie gewiſſe Philo-

---

*) Reid on the intell. powers of mind. p 653.

**) Young's Eſſay on the powers and Mecaniſm of Nature. Preface.

phen *) finden werden, welche einen unbedingten Glauben für Meinungen fordern, die ſie angenommen haben; die nicht bedenken, daß, ſo lange unſer Wiſſen unvollkommen bleibt, unſre Meinungen ſich mit Irrthümern miſchen. Von dieſem unbedingten Vertrauen auf das Anſehn, und die blinden Fehler anderer kommt es her, daß alle jene gewöhnlichen Irrthümer ihren Urſprung nehmen, welche von Zeit zu Zeit durch die Blindheit des Vorurtheils und veralterte Gewohnheit genähret werden.

In allen Dingen unſers Wiſſens muß jedermann durch ſein eignes Endurtheil geleitet werden, wenn er anders ſeine Würde als ein vernünftiges Weſen behaupten will. Anſehen kann allerdings der einen Wagſchale Gewicht zulegen, allein der Menſch hält die Wage, und beſtimmt, welches Gewicht er dem Anſehen beizulegen hat. Kein Ausſpruch kann uns dieſes Rechts berauben, oder uns entſchuldigen, wenn wir es nicht behauptet haben. Indeſſen hat das Anſehen auch ſeine Vortheile: in dem erſten Theile unſers Lebens haben wir keinen andern Führer, und ohne Hang, unbedingt anzunehmen, was uns gelehrt wird, würden wir der Unterſuchung, und ſo der

*) Die folgenden Paragraphen ſind unter andern Proben von dem unſtatthaften Einfluſſe, welcher Namen gegeben wird.

„Sir Iſaac Newton iſt die Perſon, der wir dieſe Verbindlichkeiten ſchuldig ſind, und welcher hinfort als unſer einziger ſicherer Führer und Leiter anzuſehen iſt.“ Ferner: „Newton hat das Chaos entdeckt, und das Licht von der Finſterniß getrennt; ſein unnachahmliches Werk, die mathematiſchen Grundſätze der Naturphiloſophie, enthält den wahren aſtronomiſchen Glauben; und diejenigen, welche ſeine Lehren verwerfen, ſind die ſchlimmſten Ketzer, da ſie ihre Augen gegen das reinſte Licht, und gegen den helleſten Beweiß verſchließen.“

Vervollkommung nicht fähig ſeyn. Selbſt wenn berei
das Urtheil ſeine Reife erlangt hat, giebt es viele Din
wo wir inkompetente Richter ſind. Bei ſolchen Materi
iſt es ſehr vernünftig, ſich auf das Anſehen derjenigen
verlaſſen, von denen wir glauben, daß ſie die Sache e
ſehen, und ohne Eigennutz handeln. Bei Sachen hin
gen, die wir wiſſen können, wird das Anſehen, und m
es auch mehr oder weniger Gewicht haben, je nachdem
Ueberzeugung, worauf unſer Urtheil ſich gründet, und
Meinung, die wir von dem Urtheile und der Aufrichtigk
derjenigen haben, welche von uns verſchieden ſind, od
mit uns übereinſtimmen, beſchaffen iſt. Unſre Achtu
für das Anſehen kann daher theils zu groß, theils zu klei
ſeyn. Der beſcheidene Mann, überzeugt von ſeiner eig
nen Trüglichkeit im Urtheile, iſt in Gefahr, dem Anſehe
zu viel nachzugeben, der Stolze hingegen zu wenig.

2) Die Seele iſt fähig, ſich eingebildete Verhältniſſ
zu bilden, und eine größere Regelmäßigkeit und Gleichför
migkeit unter den Dingen anzunehmen, als wirklich iſt
Unſre natürliche Ungeduld verleitet uns immer, alle Er
ſcheinungen gewiſſen allgemeinen Geſetzen zu unterwerfen,
und verhindert uns, dem langſamen, allein ſichern Verfahren der Unterſuchung zu folgen. Und obſchon viele Dinge in der Natur gewiſſermaßen ſonderbar, und äußerſt unähnlich einander ſind, ſo dichtet die Seele doch Parallelen, Korreſpondenzen, und eingebildete Analogien, welche keineswegs vorhanden ſind. Einer warmen Einbildungskraft ſtellen ſich von ſelbſt Argumente aus Analogie vor, indeß diejenigen, welche aus Erfahrung und Beobachtung hergeleitet werden, ſtarke Aeußerungen der Seele erfordern, und ohne Aufmerkſamkeit und Anſtrendung nicht entſtehen können.

Auf gleiche Art ſind wir geneigt, eine größere Einfachheit in der Natur anzunehmen, als es eigentlich der

Fall iſt. Einfachheit zu loben, und daran Gefallen zu finden, iſt keineswegs Unvollkommenheit, ſondern vielmehr das Gegentheil. Es giebt ohne Zweifel in jedem Theile der Schöpfung eine ſchöne Einfachheit, welche mit der Abſicht übereinſtimmt, zu welcher ſie beſtimmt worden. Je mehr wir Kenntniſſe erlangen, deſto mehr entdecken wir die Gleichförmigkeit und Einfachheit in der Natur, wenn wir ſie mit dem außerordentlich großen Umfange, und mit der verſchiedenen Menge von Operationen in derſelben vergliechen. Allein wenn wir zu entdecken hoffen, wie die Natur blos nach dieſem Grundſatze ihre Abſichten erreicht, daß ſie auf die einfachſte und beſte Art wirkt, ſo hintergehen wir uns ſelbſt, und vergeſſen, daß die wirkende Weisheit in der Natur ungleich weiter über die Weisheit des Menſchen erhaben iſt, als die Weisheit des Mannes über diejenige des Kindes. Es giebt in der That einen Grundſatz, in der Phyſik, daß wir einer Menge von Urſachen nicht zuſchreiben müſſen, was durch eine einzige bewirkt werden kann; dieſer Grundſatz iſt ohnſtreitig richtig; allein wie können wir beurtheilen, was einfach, oder was ökonomiſch in der Natur iſt? blos dadurch daß wir uns bemühen, alles zu entdecken, was zur Hervorbringung dieſer Wirkung erforderlich iſt, und bei unſer Erklärung jede ſo dergeſtalt entdeckte Urſache aufführen, es mögen deren nun viele oder wenige ſeyn.

Man glaubte in vorigen Zeiten, daß alle die verſchiedenen konkreten Körper, die wir auf dieſer Erde finden, auf vier Elemente zurück gebracht werden können, aus denen ſie beſtünden, und in welche ſie wieder aufgelöſet werden könnten. Es war die Einfachheit dieſer Theorie, keineswegs aber ein Beweiß aus einer Thatſache, welche machte, daß ſie ſo allgemein angenommen worden iſt; denn je mehr wir ſie unterſucht haben, deſto weniger Grund finden wir zu ihrer Annahme.

Vervollkommung nicht fähig ſeyn. Selbſt wenn bereits das Urtheil ſeine Reife erlangt hat, giebt es viele Dinge, wo wir inkompetente Richter ſind. Bei ſolchen Materien iſt es ſehr vernünftig, ſich auf das Anſehen derjenigen zu verlaſſen, von denen wir glauben, daß ſie die Sache einſehen, und ohne Eigennutz handeln. Bei Sachen hingegen, die wir wiſſen können, wird das Anſehen, und muß es auch mehr oder weniger Gewicht haben, je nachdem die Ueberzeugung, worauf unſer Urtheil ſich gründet, und die Meinung, die wir von dem Urtheile und der Aufrichtigkeit derienigen haben, welche von uns verſchieden ſind, oder mit uns übereinſtimmen, beſchaffen iſt. Unſre Achtung für das Anſehen kann daher theils zu groß, theils zu klein ſeyn. Der beſcheidene Mann, überzeugt von ſeiner eigenen Trüglichkeit im Urtheile, iſt in Gefahr, dem Anſehen zu viel nachzugeben, der Stolze hingegen zu wenig.

2) Die Seele iſt fähig, ſich eingebildete Verhältniſſe zu bilden, und eine größere Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit unter den Dingen anzunehmen, als wirklich iſt. Unſre natürliche Ungeduld verleitet uns immer, alle Erſcheinungen gewiſſen allgemeinen Geſetzen zu unterwerfen, und verhindert uns, dem langſamen, allein ſichern Verfahren der Unterſuchung zu folgen. Und obſchon viele Dinge in der Natur gewiſſermaßen ſonderbar, und äußerſt unähnlich einander ſind, ſo dichtet die Seele doch Parallelen, Korreſpondenzen, und eingebildete Analogien, welche keineswegs vorhanden ſind. Einer warmen Einbildungskraft ſtellen ſich von ſelbſt Argumente aus Analogie vor, indeß diejenigen, welche aus Erfahrung und Beobachtung hergeleitet werden, ſtarke Aeußerungen der Seele erfordern, und ohne Aufmerkſamkeit und Anſtrendung nicht entſtehen können.

Auf gleiche Art ſind wir geneigt, eine größere Einfachheit in der Natur anzunehmen, als es eigentlich der

Fall iſt. Einfachheit zu loben, und daran Gefallen zu finden, iſt keineswegs Unvollkommenheit, ſondern vielmehr das Gegentheil. Es giebt ohne Zweifel in jedem Theile der Schöpfung eine ſchöne Einfachheit, welche mit der Abſicht übereinſtimmt, zu welcher ſie beſtimmt worden. Je mehr wir Kenntniſſe erlangen, deſto mehr entdecken wir die Gleichförmigkeit und Einfachheit in der Natur, wenn wir ſie mit dem außerordentlich großen Umfange, und mit der verſchiedenen Menge von Operationen in derſelben vergliechen. Allein wenn wir zu entdecken hoffen, wie die Natur blos nach dieſem Grundſatze ihre Abſichten erreicht, daß ſie auf die einfachſte und beſte Art wirkt, ſo hintergehen wir uns ſelbſt, und vergeſſen, daß die wirkende Weisheit in der Natur ungleich weiter über die Weisheit des Menſchen erhaben iſt, als die Weisheit des Mannes über diejenige des Kindes. Es giebt in der That einen Grundſatz in der Phyſik, daß wir einer Menge von Urſachen nicht zuſchreiben müſſen, was durch eine einzige bewirkt werden kann; dieſer Grundſatz iſt ohnſtreitig richtig; allein wie können wir beurtheilen, was einfach, oder was ökonomiſch in der Natur iſt? blos dadurch daß wir uns bemühen, alles zu entdecken, was zur Hervorbringung dieſer Wirkung erforderlich iſt, und bei unſer Erklärung jede ſolchergeſtalt entdeckte Urſache aufführen, es mögen deren nun viele oder wenige ſeyn.

Man glaubte in vorigen Zeiten, daß alle die verſchiedenen konkreten Körper, die wir auf dieſer Erde finden, auf vier Elemente zurück gebracht werden können, aus denen ſie beſtünden, und in welche ſie wieder aufgelöſet werden könnten. Es war die Einfachheit dieſer Theorie, keineswegs aber ein Beweiß aus einer Thatſache, welche machte, daß ſie ſo allgemein angenommen worden iſt; denn je mehr wir ſie unterſucht haben, deſto weniger Grund finden wir zu ihrer Annahme.

Wenn eine wirkliche Urſache entdecket wird, ſo führt uns die nämliche Liebe zur Einfachheit, ihr Wirkungen zuzuſchreiben, welche außerhalb ihren Gränzen liegen. Eine Arzenei, welche man gefunden, daß ſie in irgend einer Krankheit von großem Nutzen iſt, erlangt bald vervielfachte Kräfte, bis ſie endlich eine Panacee wird. In andern Zweigen unſrer Kenntniſſe trägt ſich das nähmliche ſehr häufig zu. Wenn unſre Aufmerkſamkeit auf irgend eine beſondere Urſache gerichtet wird, die im Stande iſt, bemerkenswerthe Wirkungen zu erzeugen, ſo ſteht man in großer Gefahr, ihren Einfluß ſelbſt bei dem geringſten Anſcheine auf Dinge auszudehnen, welche damit nicht in der geringſten Verbindung ſtehen.

Wir bleiben in Rückſicht der wahren Urſachen des größern Theils der Erſcheinungen in der Natur in Finſterniß, indeß wir jedoch zu gleicher Zeit eine außerordentliche Begierde haben, ſie zu kennen; daher denn ſinnreiche Köpfe Muthmaßungen bilden, welche diejenigen von ſchwächern Geiſteskräften ſodann für Wahrheit annehmen. Die Speiſe iſt rauh, allein der Appetit macht daß ſie verſchlukt wird.

3) Wenn die Seele einmal einen Gefallen an gewiſſen Dingen gefunden hat, ſo hat ſie alsdann einen natürlichen Hang, alles andere darauf zu beziehen, und ſo gemeinſchaftlich damit zu verweben; und ob ſchon die Menge von Beiſpielen, welche das Gegentheil beweiſen, größer iſt, ſo denkt man entweder gar nicht daran, oder übergeht ſie, oder man verwirft ſie nicht ſelten unter irgend einer flüchtigen Ausnahme, vermöge ſtarker und ſchädlicher Vorurtheile, blos um das Anſehen der erſten unverletzbaren Wahl zu behaupten. Nachdem man dem Diagoras in den Tempel des Neptuns viele geweihte Gemählde von denjenigen gezeigt hatte, welche dem Schifbruche entgangen waren, ſo wurde er von ſeinem Führer gefragt, ob er nun

die göttliche Macht nicht anerkenne? Mit vieler Klugheit antwortete er: zeige mir erſt, wo diejenigen gemahlt ſind, welche Schiffbruch erlitten, nachdem ſie bereits ihr Gelübde bezahlt hatten? Daher auch in den meiſten Fällen des Aberglaubens, als Aſtrologie, Träume u. ſ. f. diejenigen, welche ihr Vergnügen an ſolcher Art von Eitelkeiten finden, immer nur bemerken, wo der Erfolg entſpricht, hingegen da flüchtig vorübergehen, wenn ungleich häufigere Fälle eintreten, wo er mangelt. Die Einbildungskraft iſt oft ſo eingenommen, daß die Kräfte der Vernunft nicht mehr im Stande ſind, ſie der Bezauberung zu entreißen. Dieſer Einfluß verbreitet ſich bis in diee Philoſophie und Wiſſenſchaften, wo das, was einmal gefallen hat, anſteckt, und alles unterjocht, wenn es auch an ſich weſentlicher und ſchätzbarer iſt. Auch wird die Seele immer mehr durch Bejahungen als durch Verneinungen in Thätigkeit geſetzt und ermuntert, ohnerachtet ſie gleichmäßig auf beide Rückſicht nehmen ſollte. Bei Gründung wahrer Axiome haben negative Beiſpiele die gröſte Stärke. *)

4) Der menſchliche Verſtand wird am meiſten gereizt, und von ſolchen Dingen gefangen genommen, welche auffallen, und auf einmal Eingang gewinnen, indem ſie die Einbildungskraft erfüllen und anſchwellen; die übrigen hingegen hält er für ähnlich mit denjenigen die er bereits kennt. Wir beſitzen eine allgemeine Neigung, weniger bekannte Dinge nach ſolchen zu meſſen, mit welchen wir beſſer bekannt, und vertrauter geworden ſind; da der Verſtand träg und unwillig iſt, zu entfernten und unähnlichen Beiſpielen überzugehen, durch welche Axiome geprüft werden.

*) Man ſehe dies vollſtändiger in Nov. Org. P. II. Sect. II.

Dieſe natürliche Geneigtheit von weniger bekannten Dingen nach ſolchen zu urtheilen, welche vertrauter mit uns, und beſſer bekannt ſind, muß indeſſen nicht ganz bei Seite gelegt werden, da ſie der Grund aller analogiſchen Folgerung iſt, der wir einen großen Theil unſers Wiſſens zu verdanken haben. Indeſſen bleibt es immer ſchwer, zu urtheilen, wie weit wir uns in dieſer Rückſicht wagen dürfen. Die Gegenſtände der Sinne vermehren unſere Vorſtellungen in dem erſten Theile unſers Lebens, und werden dann innigſt vertraut durch die ganze Dauer derſelben. Daher ſind in allen Zeitaltern die Menſchen geneigt geweſen, menſchliche Leidenſchaften, Gebrechlichkeiten u. ſ. f. höhern Weſen zuzueignen. Daher die Neigung in den Menſchen, jedes Ding zu materialiſiren, und ihre Begriffe von materiellen Gegenſtänden auf Dinge von ganz andrer Natur anzuwenden. Daher die ſo vielen rohen und übelverdauten Theorien nach unſern Begriffen. *) Die Irrthümer im gemeinem Leben, welche von dieſem Hange herkommen, ſind unzählbar. Daher hält der ſelbſtſüchtige Mann alle Aeußerungen für Wohlthun und Gemeingeiſt für bloße Heuchelei und Selbſtbetrug; indeß der großmüthige und offenherzige leicht jede ſchönen Vorgeben glaubt, und die Menſchen für beſſer hält, als ſie wirklich ſind.

5) Ein anderes Idol dieſer Gattung hat ſeinen Urſprung in der natürlichen Raſtloſigkeit des menſchlichen Verſtandes, der immer in Thätigkeit iſt, und nur zu öfters ohne Abſicht, zumal in Nachforſchungen von Dingen, die er nicht zu erreichen vermag. Es giebt keine größere Quelle von Irrthum, als in der übeln Anwendung unſrer edelſten Verſtandeskräfte zu Abſichten, die nicht erreicht werden können.

---

*) Reid's Eſſay on the intellectual powers of man p. 654.

Die Arbeiten der Menſchen, und die Werke Gottes ſind keinesweges von einerlei Ordnung. Die Stärke des Genies kann einen Menſchen in Stand ſetzen die erſtern vollkommen einzuſehen. Was von einem Menſchen erfunden und ausgeführt worden, kann von dem andern vollkommen begriffen werden. Er kann ſelbſt von einem Theile auf das Ganze ſchließen, oder von den Wirkungen die Urſachen muthmaßen, weil ſie die Wirkungen einer Weisheit ſind, die ſeine eigene nicht überwiegt. *)

Allein die Werke der Schöpfung ſind durch eine Kraft, und durch eine Weisheit erfunden und ausgeführt, die unendlich erhaben über diejenige des Menſchen iſt. Verſuchen es nun Menſchen vermöge der Stärke ihres Genies, die Urſachen der Phänomene in der Natur zu entdecken, ſo findet blos der Fall Statt, daß ſie ſinnreich fehl gehen. Ihre Muthmaßungen können Weſen ſehr wahrſcheinlich dünken, die nicht klüger ſind, als ſie ſelbſt, allein ſie haben dieſerwegen eben ſo wenig Wahrheit für ſich. Sie ſind gleich den Muthmaßungen eines Kindes, wie ein Kriegsſchiff gebaut, und wie es auf der See geführt wird. Sie ſchmeicheln dem Stolze und dem natürlichen Hange des menſchlichen Verſtandes; allein es bleibt demohnerachtet immer nur ein Verſuch, der weit über unſre Kräfte reicht, gleich demjenigen des Phaeton, den Sonnenwagen zu regieren.

Volle Freiheit muß indeſſen unſrer Nachforſchung zugeſtanden werden, damit die Naturphiloſophie alle diejenige Gewißheit und Vollkommenheit erreichen könne, deren ſie fähig iſt; allein wir müſſen dieſe Freiheit nicht mißbrauchen, und blos vorausſetzen, wo wir doch unter-

---

*) Daſ. p. 669. Maclaurins Account of Sir I. Newton's Discoveries p. 7.

ſuchen ſollten, oder Syſteme aufbauen, wo wir vielmehr die Beſchaffenheit der Dinge aus Beobachtung und Erfahrung herleiten ſollten. Eine Anhänglichkeit an Syſteme verhindert uns, auf den wahren Zuſtand der Dinge aufmerkſam zu ſeyn, oder macht, daß wir ſie verwerfen, oder damit unſre eigenen Begriffe verweben.

Syſteme und Hypotheſen überhaupt, welche von Philoſophen aus ihren eigenen Ideen aufgebauet, und in der Seele von der Wahrheit der Dinge getrennt wurden, waren das Gift der Naturphiloſophie, und ſeit Jahrhunderten den Fortſchritten der Wiſſenſchaft zuwider.

Bei allen Unterſuchungen der Konſtitution der Natur kann der menſchliche Geiſt verbinden, allein er muß nicht ſelbſt ſchaffen. Er kann Beweiſe ſammeln, allein er muß den Mangel daran nicht durch Muthmaßung erſetzen. Er kann ihre Kräfte enthüllen, indem er irgend eine Frage aus der Natur wohl eingerichteten Verſuchen unterwirft, allein er muß ihren Antworten nichts beifügen.

6) Eine andere Hinderung und Abweichung des Verſtandes entſpringt von der Verkehrtheit, Unzuverläſſigkeit und Trüglichkeit der Sinne. Daher das, was in die Sinne fällt, ohne allen Grund dasjenige überwiegt, was ſie nicht unmittelbar reizt. So daß Betrachtung ſich insgemein mit dem Geſichte endigt, und wenig oder gar keine Beobachtung über unſichtbare Dinge angeſtellt wird. Daher alle die Operationen der verſchiedenen Luftarten, die in fühlbaren Körpern eingeſchloſſen ſind, alle feine Organiſationen, und die Bewegung der Theile dem Menſchen unbekannt ſind; und doch kann, wofern ſie nicht entdeckt, und ans Licht gebracht werden, kein großer Fortſchritt in der Kenntniß der Natur gemacht werden; denn durch die feinen Materien, die in Bewegung

ſind, geſchieht es, daß ihre vornehmſten Operationen erfolgen. Auch können Inſtrumente zur Verbeſſerung und Schärfung der Sinne hier eben nicht von großem Nutzen ſeyn; denn alle wahre Auslegungen der Natur geſchehen durch ſchickliche Beiſpiele und durch Verſuche, wo der Sinn blos von dem Verſuche urtheilt, der Verſuch aber von der Natur und der Thatſache ſelbſt.

Idolen des Standpunkts. Es giebt Vorurtheile, welche ihren Urſprung nicht von der Konſtitution der menſchlichen Natur, ſondern von einer einem jeden Individuum eigenen Konſtitution nehmen, z. B. von Erziehung, Gewohnheit und einer Menge andrer Umſtände. Unſer vortreflicher Logiker, Lord Bacon, ſcheint dieſe Benennung von Plato's vortreflichem Embleme der Höhle genommen zu haben; denn wenn jemand in ſeiner Kindheit in einer finſtern Höhle erzogen worden, und daſelbſt bis in ſein völliges Alter verblieben wäre, plötzlich aber in das helle Tageslicht verſetzt würde, und ſo Himmel und Erde ſähe, ſo müßten unſtreitig fremde und ſonderbare Gedanken in ſeiner Seele aufſteigen. Ob wir nun zwar ſchon im Anblick des Himmels leben, ſo ſind doch immer unſre Seelen vom Körper, als einer Höhle gefeſſelt, wo wir unendlich viele Bilder von Irrthum und Falſchheit erhalten, wenn wir nicht beſtändig in Betrachtung der Natur verweilen, und ſo gewiſſermaßen im ofnen Tageslichte uns erhalten. Dieſes Emblem des Plato ſtimmt vollkommen mit dem Ausſpruche des Heraklit überein, daß Menſchen Kenntniſſe in ihrer eigenen engen, nicht in der weiten Welt ſuchen. Da nun ferner in einer Höhle die Gegenſtände ihr Anſehen je nach der Geſtalt der Höhle und je nach der Art, wie ſie Licht erhält, abändern; ſo glaubt Lord Bacon, daß die Seele eines Menſchen einer Höhle gleiche, die ihre eigene Form und beſondere Art hat, um erleuchtet zu werden, von welchen Umſtänden dann oft falſche Farben, und ein

betrügeriſcher Schein dèn Gegenſtänden mitgetheilt wird, die darin geſehen werden.

Daher wird die Verkehrtheit und üble Anwendung der Vernunft, und der Mißbrauch der Gelehrſamkeit die Quelle zu manchen Irrthümern. Unter dieſen Abſchnitt können Sie das Philoſophiren ohne alle Grundſätze rechnen; das Philoſophiren aus Grundſätzen eines Zweiges der Gelehrſamkeit nach der Methode eines andern; ferner aus Grundſätzen des einen auf Wahrheiten anderer; oder endlich die Erwartung der nämlichen Art und des nämlichen Grades von Ueberzeugung in Wahrheiten einer Art, für ſolche die zu ganz andern Arten gehören, und wo keine Anwendung davon Statt findet. Dieſe vier Urſachen, welche aus dem Mißbrauche der Gelehrſamkeit entſpringen, verleiten zu verſchiedenen ſcientifiſchen Irrthümern. Indeſſen ſo verſchieden auch die Irrthümer der Gelehrten ſeyn können, ſo nehmen ſie doch ſämmtlich ihren Urſprung entweder aus Stolz oder aus Vorurtheil der menſchlichen Seele; denn zufolge der Bemerkung des Lord Bacon von entgegengeſetzten Irrthümern ſind die Urſachen des Irrens insgemein die nämlichen.

Ob es ſchon thöricht zu ſeyn ſcheint, daß irgend jemand überhaupt ohne alle Grundſätze ſchließen ſollte, ſo iſt es doch ein Irrthum von wichtigem und ausgebreitetem Einfluſſe. Groß ſind die Kräfte der menſchlichen Seele, allein ihre Anmaßung iſt doch ungleich größer. Nicht zufrieden, ſich auf ſolche Grundſätze und Materialien zu ſtützen, als für ſie von der Vorſehung, und dem natürlichen Zuſtande der Dinge dargelegt worden ſind, um ſich ihrer mäßig und mit Ueberlegung zu bedienen, maßt ſie ſich an, ſelbſt in ſich andre von einer höhern Ordnung aufzuſuchen, durch deren Beiſtand ſie mit ſchnellen Schwingen zu dem Beſitz der erhabenſten Wahrheiten gelangen könne: durch eigene Erfindungen in die Luft

empor gehoben, verſucht ſie es jetzt kühn in die fruchtbaren aber täuſchenden Regionen der Einbildungskraft zu dringen. Daher ſehen wir öfters, daß Philoſophen von ſichern Schlüſſen zu dem Tempel glänzender und trügeriſcher Irrthümer abgeführt werden.

Die andern drei eben erwähnten Urſachen haben ihren Urſprung in Vorurtheilen, welche aus partialen und veralteten Gewohnheiten entſpringen. Der Menſch iſt allgemein eine Kreatur der Gewohnheit; alle ſeine Tugenden ſind Gewohnheiten; alle ſeine Laſter Gewohnheiten: auch beherrſcht Gewohnheit die Seele ſowohl in den ſchönen als ſcientifiſchen Wiſſenſchaften.

So wie das Ohr durch Gewohnheit für die Empfindungen der Muſik, das Auge für ein Gemälde, und jeder andre Theil der ſinnlichen und körperlichen Geſtalt, je dem eigenen Gegenſtande angemeſſen, geſchickt gemacht wird; ſo wird auch die Seele durch Gewohnheit zubereitet, um jede Art von Wahrheit aufzuſuchen und ſie zu lieben.

Allein eben dieſe Gewohnheit, die der Freund aller Kenntniß iſt, erzeugt, wenn ſie zu lange und zu anhaltend auf einerlei Gegenſtand, Beſchäftigung und Nachforſchen gerichtet wird, ein Vorurtheil, und verurſacht Partheilichkeit, welche dann insgemein die Kräfte der Seele in enge Gränzen zuſammenzieht, und ſie nicht ſelten ſchwächt und ganz zerſtört. Hält man ſich blos an eine Reihe von Grundſätzen, die irgend einer Art des Philoſophirens angemeſſen ſind, und nur einerlei Folgerung geſtatten, ſo wird man ſolchergeſtalt durch dieſe Gewohnheit zu urtheilen, zu ſchließen und zu folgern, und durch den glücklichen Erfolg in einigen Theilen der Gelehrſamkeit abgehalten und minder fähig, Wahrheiten in andern Theilen zu verfolgen. *)

*) Tatham's Scale and Chart of truth. Vol. II. p. 304.

Die Menſchen ſchätzen beſonders einzelne Wiſſenſchaften und Studien, entweder weil ſie ſich dünken ſelbſt die Urheber und Erfinder davon zu ſeyn, oder weil ſie viele Mühe darauf verwendet, oder ſich beſonders darauf eingeſchränkt haben. Ein Menſch, deſſen Gedanken auf einen gewiſſen Zweig durch ſeine Profeſſion, oder die Art zu leben eingeſchränkt worden, wird alsdenn gröſtentheils unrichtig urtheilen, wenn er ſich außer ſeinen Zirkel hinaus wagt. Immer wird er geneigt ſeyn, alles innerhalb die Sphäre ſeiner Profeſſion hineinzuziehen, jede neue Betrachtung mit ſeiner gewohnten Idee verderben und verunſtalten, und nach Grundſätzen, die gar keine Beziehung damit haben, von den Dingen urtheilen.

Ariſtoteles liefert uns ein auffallendes Beiſpiel in Rückſicht der vorhergehenden Bemerkungen; er machte ſeine Naturphiloſophie zu einem ſolchen Sklaven ſeiner Logik, daß ſie ſtreitſüchtig, und ſolchemnach gröſtentheils unnütze wurde. Der bloße Mathematiker wird nur allein Maß und Berechnung bei Dingen anzubringen ſuchen, welche gar kein Meſſen geſtatten: man hat ſelbſt direkte und inverſe Verhältniſſe zum Maße menſchlicher Leidenſchaften, und des moraliſchen Werths der Handlungen angewendet. Ein ſehr großer Mathematiker verſuchte durch Berechnung das Verhältniß zu beſtimmen, nach welchem die Gewißheit von Thatſachen im Verfolge der Zeit abnehmen müſſe, und beſtimmte ſolchemnach die Periode, wenn die Zuverläſſigkeit der Thatſachen ganz verſchwinden würde, worauf das Chriſtenthum ſich gründet, und wenn dem zufolge alſo kein Glaube mehr auf der Erde werde gefunden werden. Die alten Chemiſten ſuchten alle Myſterien der Natur, und ſelbſt der Religion, durch Salz, Schwefel und Queckſilber zu erklären.

Der große und radikale Unterſchied der Fähigkeiten in Rückſicht auf Philoſophie und Wiſſenſchaften liegt, wie

unſer Schriftſteller ſagt, darin, daß einige ſtärker und geſchickter ſind, den Unterſchied der Dinge zu bemerken, andre hingegen das, was ſie mit einander übereinſtimmendes haben. Ein ſtandhafter und ſcharfdenkender Geiſt kann ſeine Betrachtungen fixiren, und bei allen Subtilitäten der Differenzen anhaltend verweilen. Indeß das große Genie mit lebhafter Einbildung das kleinſte und allgemeinſte Uebereintreffen der Dinge ſieht und vergleicht: beide fallen indeſſen ſehr leicht in Ausſchweifung, der eine, daß er nach der Theilungsſkale greift, der andre daß er die Schatten der Dinge umfaßt.

Natur und Körper in ihrer Einfachheit zu betrachten, ebnet und ſchleift den Verſtand: ſie in ihren Konfigurationen und Kompoſitionen unterſuchen, macht ihn ſtumpf und erſchlaffend. Der erſtere iſt von den Partikelchen der Dinge ſo eingenommen, daß er beinahe ihre Struktur außer Acht läßt: indeß der andre auf den Bau mit ſo viel Bewunderung ſieht, daß er dabei die Einfachheit der Natur vergißt; beide Arten von Betrachtung müſſen daher wechſelsweiſe angewendet werden, damit der Verſtand zu gleicher Zeit durchdringend] und umfaſſend werde, und die bereits erwähnten daher entſpringenden Idole verhütet werden mögen.

Verſchiedene Perſonen, entweder aus Temperament oder Erziehung, haben eine verſchiedene Richtung des Verſtandes, welche denn im Uebermaße alsdann der geſunden Beurtheilung nachtheilig wird. Einige Männer von Genie ſind ganz hingeriſſen von Bewunderung des Alterthums, und verachten ſolchemnach alles, was neu iſt; andre hingegen fallen gerade auf das entgegengeſetzte Extrem, und haben blos an dem, was neu iſt, ein Vergnügen. Einige ſind entweder unzufrieden mit dem, was die Alten weislich zum Grunde gelegt haben, oder ſie verachten, was doch mit

Recht von den Neuern vervollkommt worden iſt. Der Mann von unruhiger ſchwankender Seele geht immer von einer Uebertreibung zur andern über, und weiß ſich ſelten in derjenigen gerechten Mittelſtraße zu erhalten, welche die wahre Vernunft und reine Religion fordern. Es iſt denjenigen unbegreiflich, welche blos mit dem gegenwärtigen Zuſtande der gelehrten Welt bekannt ſind, zu welch einer thörichten Höhe dieſe Anhänglichkeit für das Alterthum ehedem gebracht worden iſt. Beide Uebertreibungen ſind der Philoſophie und den Wiſſenſchaften höchſt nachtheilig, da es mehr eine Affektation des Alterthums und des Neuen iſt, als wahre Beurtheilung. Denn Wahrheit darf keineswegs von irgend einer Glückſeligkeit der Zeiten gefolgert werden, die immer etwas ungewiſſes iſt, ſondern von dem Lichte der Natur und Erfahrung, welches ewig dauert. Dieſe Affektationen müſſen daher bei Seite gelegt werden; vielmehr muß man dahin ſehen, daß nicht zugleich damit der Verſtand verlohren gehe.

Man laſſe, ſagt unſer großer Schriftſteller, um die Idolen des Geſichtspunkts aus dem Wege zu ſchaffen, kontemplative Klugheit vorausgehen, ſehe darauf, was die Seele mächtig anzieht, und beobachte die größte Sorgfalt, den Verſtand rein und gleichförmig zu erhalten.

Der Geiſt des Vorurtheils und des Eigendünkels iſt der Philoſophie ſehr nachtheilig, da er keine Vervollkommnung zuläßt, ſondern vielmehr zurückſetzt. Wenn ein Menſch einmal beſondere Begriffe in ſich hat herrſchend werden laſſen, ſo unterſucht er die Natur, nicht um Unterweiſung zu erlangen, ſondern nur um ſeine eigenen Meinungen feſter zu gründen.

Eben ſo nachtheilig iſt auch der wirklichen Wahrheit die Liebe zur Neuheit; die Kenntniß irgend einer Wahrheit,

die man für die Menſchheit als nützlich anerkannt, ſchmeichelt der Seele, wo dann unſre Begierde, dieſes Vergnügen zu genießen, in uns nicht ſelten die Ueberredung bewirkt, etwas zu wiſſen, ehe es wirklich der Fall iſt. Es iſt daher immer gefährlich, über eine neue Entdeckung ein Urtheil zu fällen, während dem ſie noch neu iſt; wir müſſen warten, bis die Zeit das Angenehme der Neuheit weggewiſcht, und der Ueberlegung Raum gegeben hat, um ſie nach allen Umſtänden zu prüfen. Der eigene Geiſt zur Unterſuchung iſt Demuth, Mäßigkeit, ruhige Betrachtung, aufmerkſamer Fleiß, und Beharrlichkeit.

Lord Bacon zeigt, daß unter den verſchiedenen Vorurtheilen keines ſo wirkſam ſind, als die Idole der Geſellſchaft, welche ſich in die Seele durch die Verbindung der Worte und Ausdrücke und wegen der Unvollkommenheit und des Mißbrauchs der Sprache einſchleichen. Die Sprache kann nicht weiter reichen als unſre Begriffe; ſind dieſe nun ſchwankend, und ſchlecht beſtimmt, ſo müſſen es nothwendig auch die Worte ſeyn, durch welche wir ſie ausdrücken. Ein ſtärkeres Beiſpiel von dem Mißbrauche der Worte findet man beſonders in der Nomenklatur der Franzöſiſchen Chemiſten, welche blos Geiſtes-Sclaverey zur Abſicht hat, indem ſie ihn nöthigt in einem Fanzöſiſchen Dialekt zu ſchwatzen. Denn obſchon die Menſchen glauben, ſagt Lord Bacon, daß ihre Vernunft die Worte regiere, ſo geſchieht es doch auch, daß Worte eben ſowohl ihre Gewalt über den Verſtand üben, als wodurch Philoſophie und Wiſſenſchaften ſophiſtiſch und unthätig geworden ſind. Worte werden überhaupt nach Maßgabe der gemeinen Begriffe gebraucht, und theilen Dinge durch Linien, d. i. durch Diſtinktionen oder Unterſcheidungen, die dem Verſtande der Menge am ſcheinbarſten ſind. Wenn nun ein durchdringenderer Verſtand, oder eine genauere Beobachtung dieſe Linien verrücken oder ganz aufheben

will, um der Natur näher zu kommen, ſo empören ſich dagegen die Worte, und verbieten jede Aenderung. Daher geſchieht es, daß ernſthafte Streitigkeiten ſich öfters in Kontroverſen um Worte und Ausdrücke endigen, welche am beſten durch Worterklärungen zur Ordnung zurück geführt werden. Allein bei natürlichen und materiellen Dingen können ſelbſt ſolche Definitionen das Uebel nicht heilen, weil dieſe Erklärungen ſelbſt aus Worten beſtehen, und Worte wieder Worte erzeugen; ſo daß man endlich nothwendigerweiſe zu beſondern Inſtanzen, ihren Reihen und Ordnungen, ſeine Zuflucht nehmen muß.

Die vierte Art von Vorurtheilen, deren unſer Schriftſteller erwähnet, ſind die Idole der Bühne, welche ſich weder konſtitutionell noch heimlich in den Verſtand drängen, ſondern ihm durch fabelhafte Theorien und verkehrte Beweiſe aufgeheftet wurden und Syſtemen oder Sekten ihren Urſprung verdanken, in die wir gezogen worden ſind, oder von ſelbſt angenommen haben.

Ein falſches Syſtem, welches in dem Gemüthe einmal feſten Sitz genommen hat, wird gleichſam die Brille, wodurch wir die Gegenſtände betrachten. Auf dieſe Art erhalten ſie die Farbe derſelben, welche von der, in welcher ſie bei hellem Lichte erſcheinen, ganz verſchieden iſt.

Nach Lord Bacon's Art die Philoſophie zu ſtudiren, iſt es gar nicht erforderlich, die verſchiedenen Theorien zu widerlegen; damit aber doch der Gang zur Wahrheit erleichtert, und der Verſtand um ſo mehr vorbereitet werde, ſich zu reinigen und ſeine Idole zu verbannen, ohne welches wahre Philoſophie niemals wirkſam befördert werden kann, (denn Wiſſenſchaften, welche von einem kranken Gemüthe gebildet werden, nehmen auch mehr oder weniger an deſſen Krankheiten Theil) ſo hat er einige der ältern

Art klaſſifizirt, und von ihnen die nöthige Erklärung gegeben. Er bringt ſie alle in drei Klaſſen: 1) in ſophiſtiſche, 2) in empyriſche, und 3) in abergläubiſche.

Die erſtern ſind die ſophiſtiſchen, welche eilfertig gemeine Erfahrungen, ohne ihre Gewißheit ſorgfältig zu unterſuchen, und ſie abzuwägen, aufgreifen und ihre Verarbeitung der Einbildungskraft und dem Witze überlaſſen: Dieſe vergleicht er mit Spinnen, welche ihr Gewebe aus ihren Eingeweiden ſpinnen, um unvorſichtige Inſekten während ihres Flugs zu fangen. Gemeine Beobachtungen und entgegenkommende Verſuche ſind für ſich nicht hinreichend eine brauchbare Philoſophie zu begründen; auch iſt die gewöhnliche Logik wenig für Verſuche, Beobachtungen und Natur geeignet. Hiervon haben wir ein vorzügliches Beiſpiel am Ariſtoteles, welcher mit ſeiner Logik die Phyſik verdarb. Er ſchien ſorgſamer zu ſeyn, wie man ſich durch Antworten vertheidigen, und etwas behaupten könne, was den Worten nach gewiß und feſt beſtimmt wäre, als in die Wahrheit der Natur näher einzudringen; und wenn er ja die Erfahrung zum Führer nahm, ſie zu verdrehen und zur Gefangenen ſeiner Meinungen zu machen. Da nun der Unterricht in großen Schulen beſonders Ariſtoteliſch iſt, ſo müſſen wir um ſo mehr über uns wachen, und bei allen philoſophiſchen Unterſuchungen, Aufſätzen und Diſpüten dahin ſehen, daß wir nicht von Ariſtoteliſchen Begriffen irre geführt werden. Unſer gewöhnliches Räſonniren ſcheint von Ariſtoteliſchen Vorurtheilen angeſteckt zu ſeyn, und iſt mehr gezwungen logiſch und verfänglich, als wahr und philoſophiſch, oder auf die eigentliche Natur der Dinge gegründet.

Die empiriſchen Philoſophen ſind diejenigen, welche aus einigen wenigen, mit Fleiß und Genauigkeit bearbeiteten Verſuchen und Beobachtungen ſogleich Theorien

ableiten, und Syſteme darauf zu bauen wagen, und dann alles übrige dieſen Verſuchen gewaltſam anpaſſen. Bacon vergleicht ſie mit Inſekten, welche Körner ſammlen, und ſie hinlegen, ſo wie ſie ſie gefunden haben. Die Meinungen, welche durch dieſe aufgeſtellt werden, ſind noch monſtröſer als diejenigen der ſophiſtiſchen Art, da ſie ſich nicht auf allgemein angenommene Begriffe gründen, ſondern blos auf den engen Grenzen und den Dunkelheiten einiger wenigen Verſuche beruhen. Daher erſcheint eine ſolche Philoſophie Menſchen wahrſcheinlich, und ſelbſt zuverläſſig, welche täglich ſich mit ſolchen Verſuchen beſchäftigen, und hierdurch nothwendig ihre Einbildungskraft verderben, indeß andern ſolche Theorien unglaublich und lächerlich vorkommen. Hiervon werden ſie Beiſpiele bei den meiſten der alten chemiſchen Schriftſteller, in Gilbert's magnetiſcher Philoſophie, und in denjenigen verſchiedener Neuern finden, deren einige alle Schwierigkeiten durch Attraktion, andere durch Repulſion u. ſ. f. auflöſen. Sie können in dieſer Rückſicht nie zu vorſichtig ſeyn, denn der Verſtand iſt jederzeit geneigt eine allgeneine und Grundurſache anzunehmen; ſo bleiben ſie aber Theorien auf ſehr ſchwachem Grund. Die unendliche Verſchiedenheit der natürlichen Gegenſtände, und daß ſie in einem gewiſſen Punkte alle mit einander übereinkommen, und von einander verſchieden ſind, muß Sie überzeugen, daß keine Stärke der Urtheilskraft, noch Wärme der Einbildung fähig iſt, jedes Phänomen auf ſeine erſten Grundſachen zurückzuführen, oder eine Hypotheſe zu erdenken, wodurch alle Wirkungen in der Natur gleich genügend erklärt werden könnten.

Eine andre Klippe iſt oft der Aberglauben und gewiſſe Religionslehren, (obſchon jtzt weniger als ehedem), denn der Verſtand iſt den Eindrücken der Phantaſie eben ſo ſehr als denjenigen der gemeinen Begriffe unterworfen: erſtere ſchmeicheln und huldigen ihm, wodurch er deſto leich-

ter hintergangen wird. Dies finden wir bei allen Theorien, wo die erſten und Erdurſachen aufgefangen, die Zwiſchenurſachen aber übergangen werden. In dieſem Falle müſſen wir ſorgſam ſeyn, daß wir hierdurch nicht verführt werden, Irrthümer zu verehren, und Eitelkeiten zu huldigen. Einige neuere Schriftſteller ſind hierin ſo weit gegangen, daß ſie ſich bemüht haben, die Phyſik auf das erſte Kapitel des erſten Buchs Moſes, und andere Stellen der heiligen Schriſt zu gründen: ſo ſucht man die Todten unter den Lebendigen.

Den wahren Philoſophen vergleicht Lord Bacon mit der Biene, welche die Materialien aus den Blumen des Feldes ſammelt, und mit bewunderungswürdiger Geſchicklichkeit Honig daraus bereitet. Er traut weder ſeinem eigenen Verſtande ganz, noch begnügt er ſich mit Erzählungen der Geſchichte mechaniſcher Verſuche; ſondern durch zweckmäßiges geſchicktes Räſonniren zieht er aus ihnen Wahrheit und Kenntniß heraus, dieſes große und ädle Produkt des menſchlichen Verſtandes.

Er tadelt diejenigen mit Recht, welche aus übertriebener Beſcheidenheit, oder übelangewendeter Mäßigkeit geglaubt und behauptet haben, daß ein Menſch ſeine Unterſuchung zu weit treiben, oder in dem Buche der Worte oder Werke Gottes zu weit forſchen könne; vielmehr, ſagt er, ermuntre man die Menſchen zu einem unendlichen Fortſchreiten in beiden um immer vollkommner zu werden; nur ſuche man ſie zu bewahren, daß ſie durch dieſe Kenntniſſe nicht ſtolz und hochmüthig werden, ſtatt wohlwollend und nützlich zu ſeyn. Auch bemerkt er, daß wir, ſo wie wir uns der Philoſophie widmen, wenn die entfernten Urſachen, die ſo leicht in die Sinne fallen, ſich der Seele darbieten, immer geneigt ſind, zu lange Zeit bei ihnen zu verweilen, und darüber das vergeſſen, was weit vorzüglicher

iſt: allein gehen wir weiter, und bedenken die Abhängigkeit, den Fortgang, Zuſammenhang und die Verbindung der Urſachen untereinander, ſo können wir alsdenn zufolge der Allegorie der Poeten leicht glauben, daß das höchſte Glied der Kette der Natur nothwendig an den Fuß des Stuhls des Jupiters gebunden werden müſſe, oder dieſe Philoſophie nach dem Traumbilde des Jakobs als eine Leiter betrachten, deren Spitze bis zu dem Fußſchemel des Throns Gottes reiche.

Irrige Vorſtellungen der Naturphiloſophie können zum Atheiſmus führen, oder Meinungen in Rückſicht der Gottheit und des Univerſum von den gefährlichſten Folgen für die Menſchheit nähren. Sie haben in dieſer Rückſicht um ſo mehr Urſache, auf ihrer Hut zu ſeyn, da die Philoſophen in Frankreich ſeit verſchiedenen Jahren ſie zu den ſchlechteſten und boshafteſten Abſichten angewendet haben. Wahre Philoſophie wird Sie anführen, ein höchſtes Weſen zu glauben, und anzubeten; und da ſie beſtändig fort mehr und mehr hellere Beiſpiele ſeiner Weisheit und Macht enthüllet, ſo nimmt ſie zugleich auch zum Theil jenen Schleier weg, womit die Natur verhüllet war, und welcher unſerm Geſichte ihre ſchrecklichen Tiefen, und majeſtätiſchen Höhen verbirgt, ſetzt ſolchemnach in den Stand, die Glorie der Allmacht zu betrachten, welche in ſeiner erhabenen Schöpfung ſtrahlt, und lehrt Sie, Ihre Stimme zu ſeinem Lobe zu erheben, die allein würdig iſt, Herrlichkeit, Ehre und Macht zu nehmen; denn durch ihn ſind alle Dinge geſchaffen, und durch ihn werden ſie noch jetzt erhalten.

Dieſer große und alleinige Geiſt, welcher alles durch ſeine Kraft gemacht hat, und es in ſeiner Güte und Vollkommenheit erhält, iſt die erſte und alleinige Urſache, die immerfort und überall wirkt, und durch die Aeußerung

ſeines Willens alle die verſchiedenen Phänomene des materiellen Syſtems hervorbringt. Dieſe erſte und allgemeine Urſache indeſſen hat ſich herabgelaſſen, Hülfsurſachen als Inſtrumente ſeines Willens anzuwenden, durch welche er wirkt; auch hat er dieſe Hülfsurſachen in ſeiner Weisheit ſo geordnet, daß ſie durch alle Theile der Schöpfung nach allgemeinen Geſetzen wirken. Dieſe Hand der Allmacht durch alle ihre Werke zu verzeichnen, die allgemeinen Urſachen aufzuſuchen, und ſie zu phyſiſchen Geſetzen zu erheben, iſt die erhabene, angenehme und würdige Beſchäftigung des Naturphiloſophen. *)

Um alſo mit Zuverläſſigkeit die Erſcheinungen in der Natur zu erklären, ihre Dunkelheiten wegzuräumen, und ihren Einfluß und ihre Verkettung zu bemerken, iſt das große Geſchäfte der Phyſik; in dieſer Rückſicht muß der Beobachter gewiſſe feſtbeſtimmte Geſichtspunkte vor Augen haben, die ihm als Signale dienen, um ihn auf dem ſchweren Pfade zu leiten, den er zu gehen angefangen hat, und ſich nicht zu weit von der Hauptſtraße zu entfernen.

Die phyſikaliſche Logik beſteht nicht in Argumenten, ſondern in Entdeckungen von Thatſachen, nicht was mit Grundſätzen übereinſtimmt, ſondern die Grundſätze ſelbſt. Es giebt einen Sinn und eine Abſicht bei jeder Wirkung der Natur. Der Naturphiloſoph bemühet ſich, dieſen Sinn zu entdecken, und dieſe Abſichten durch ſorgfältige Beobachtung ihrer Aeuſſerungen zu verdollmetſchen; allein wenn die Seele blos haſtig auffängt, und ohne Unterſchied die erſten Merkmale von Dingen aufhäuft, ſo wird Irrthum immer die Oberhand behalten, und dann

*) Tatham's Scale and Chart of Truth p. 133.

unverbeſſerlich bleiben; denn ſind dieſe erſten Merkmale falſch, verwirrt oder ohne Ordnung, ſo werden alsdann die Begriffe, welche davon entſpringen, nicht weniger mangelhaft ſeyn, und alle Kenntniß, die darauf gebaut wird, wird einem prächtigen Gebäude auf einem ſeichten Grunde gleichen.

Der Phyſiker vermeidet daher den Beweis durch Syllogiſmen, weil er die Natur und Wirklichkeit durchſchlupfen läßt, und die Werke derſelben nach den Werken der Menſchen verdreht, indeß dagegen die Werke der Menſchen den Werken der Natur untergeordnet, und darnach gebildet werden ſollten; ſo daß logikaliſche Beweiſe auf phyſikaliſche Materien angewendet blos ein Spiel von Worten ſind. Er nimmt daher Induktion für die Form des Beweiſes, da ſie die Sinne ſichert, ſich der Natur näher anſchließt, und in ihren Werken herrſcht.

Anſtatt unmittelbar von den Einzelheiten zu Allgemeinheiten überzugehen, (um welche alle Streitigkeiten ſich drehen) und zwiſchenliegende Grundſätze davon auf eine kurze, aber übereilte Art zu folgern, ein Verfahren das zu Streitigkeiten geſchickt iſt, keineswegs aber ſich an die Natur hält, bemüht er ſich vielmehr, nach und nach zu Sätzen zu gelangen, und ſolchemnach allgemeine Grundſätze zu erhalten, die vollkommen beſtimmt ſind, und ſich für die Natur der Dinge ſchicken.

Grundſätze, ſagt Lord Bacon, welche durch Schlußfolgerung entſtanden, ſind zu Entdeckung neuer Wahrheiten keineswegs anwendbar; denn es giebt kein andres Verfahren, zu Grundſätzen zu gelangen, als durch die eigenthümliche und gehörige Form der Induktion, die im Stande iſt, Erfahrung zu trennen, und ſonach ſicher zu folgern, nachdem alle Einwendungen und Widerſprüche gehoben ſind.

Indem nun ſolchergeſtalt der Phyſiker den Anfang mit Erſcheinungen macht, bemüht er ſich jetzt die nächſten Urſachen aufzufinden, und ſo wie er ſich allmählich zu den beſondern Urſachen erhebt, geht er zu allgemeinern über, und gelangt ſolchemnach mit ſichern und ununterbrochenen Schritten ohne Fehltritt zum Gipfel; ſo kann er denn in ganz entgegengeſetzter Ordnung nunmehr wieder zurückgehen, und aus ſolchen errichteten Grundſätzen die Erſcheinungen erklären, welche davon hergeleitet werden. Auf keine andre Art können wir gewiß ſeyn, daß wir Grundſätze angenommen haben, die ſich wirklich in der Natur ſelbſt befinden, oder daß irgend ein Syſtem, das wir etwa zuſammenſetzen können, nicht bloßer Traum oder Täuſchung ſey.

Sie ſehen alſo, daß das Verfahren der Induktion ein allmähliches Aufſteigen von einzelnen Prämiſſen zur allgemeinen Folgerung iſt. Die Deutlichkeit einer ſolchen allgemeinen Folgerung iſt blos wahrſcheinlich, nicht demonſtrativ; indeſſen iſt die Induktion hinreichend vollſtändig und gehörig geordnet, ſo giebt ſie eine ſo ſtarke Ueberzeugung als der Beweis ſelbſt.

Bloße Vernunft wird den Menſchen bei den meiſten Vorfällen nicht weit führen, dahingegen durch Beobachtung und Verſuche, wenn ſie gehörig geſchehen, der Vorrath menſchlicher Kenntniſſe ſehr vermehrt wird.

Ehe der Phyſiker ſein Urtheil fällt, muß er durch genaue Verſuche, und durch ſorgfältige Beobachtungen ſuchen, in wiefern die Erſcheinung, der er nachforſcht, von andern Einfluß erhält, und zwar unter allen möglichen Fällen und Umſtänden, welche Modifikationen ſie erleidet, und unter welchem Verhältniſſe ſie mit andern Wirkungen verwebt und verbunden iſt: ſo wird er ſich bemühen, einen genauen Begrif des Gegenſtandes zu erlan-

gen, dem er nachforſcht, und indem er ſolchemnach ſicher der Wahrheit entgegen geht, wird er in die Natur ſelbſt eindringen; ſorgſam, da ſtehen zu bleiben, wo kein Beweis aus Verſuchen vorhanden iſt, und nicht voreilig, wo die Feinheit der Natur Dinge außer ſeine Erreichung ſetzt; denn er könnte es eben ſowohl wagen ohne Materialien zu bauen, als ohne Beobachtung und Verſuche ein wahres Syſtem der Naturkunde zu bilden.

Allgemeine Grundſätze können ohne eine Menge von Verſuchen, und viele Beobachtungen über einerlei einzelne Gegenſtände, und ſodann über verſchiedene Gegenſtände von der nämlichen Art, keine Feſtigkeit haben: ihre Wahrſcheinlichkeit iſt größer je nachdem die Beobachtungen, worauf ſie ſich gründen, zahlreicher ſind, und mehr Genauigkeit für ſich haben: ſind ſodann alle Ausnahmen geſchehen, ſo wird jetzt ein wahrer und nutzbarer Antheil an Wahrheit als allgemeiner Grundſatz übrig bleiben. Durch eine Wiederhohlung des nämlichen ſorgſam angeſtellten Prozeſſes und genaue Unterſuchung gelangt man denn von allgemeinen zu noch allgemeinern, bis man endlich im Stande iſt, einige wenige ganz allgemeine mit ihren Attributen und Operationen in Axiome umzuſchaffen, welche die eigentlichen und wahren Geſetze ſind, die von dem Schöpfer der Natur ſelbſt angewendet worden ſind.

Hat man nun ſolchergeſtalt einige dieſer Geſetze oder Urſachen entdeckt, ſo iſt es nunmehr das Geſchäfte der Phyſik, ſie in allen ihren Wirkungen auszuzeichnen, und ähnliche Erſcheinungen aus ähnlichen vorhergehenden Lagen vorherzubeſtimmen. Der Phyſiker, da er weiß, was das Reſultat iſt, wenn er Dinge einer Verſchiedenheit von Umſtänden unterwirft, wird ſolchemnach Herr der Kräfte der Natur, und kann ſie denn nunmehr zu nutzbaren Abſichten des Lebens anwenden; ſo wird denn, wie Lord Bacon bemerkt, Kenntniß ſelbſt zur Kraft.

Die alte Logik, weit entfernt, zu verbeſſern, was ſchlecht war, diente vielmehr dazu, um Irrthum in der Seele zu befeſtigen, als den Weg zur Wahrheit zu öfnen. Lord Bacon mußte alſo von neuen anfangen, und ſolche Regeln zu Aufhellung des Verſtandes geben, daß er ihn ſich nicht ſich ſelbſt überließe; gleich als ob das Geſchäfte durch eine Maſchine (Organon) ausgeführt werden ſollte, die den Grad der Gewißheit angäbe, und ſolche Wege erfände, Dinge den Sinnen zu unterwerfen, daß ſodann ein richtiges Urtheil darüber gefällt werden könnte. Ueberzeugt durch ſorgfältige Beobachtung, daß der menſchliche Verſtand ſich ſelbſt verwirrt, und keinen gehörigen und vortheilhaften Gebrauch der wahren Hülfsmittel macht, die er erreichen kann; ſo wie daß eben dieſes Unwiſſenheit und Unbequemlichkeiten erzeugt, wandte er ſeine eifrigſten Bemühungen an, ein ſicheres und wahres Verhältniß zwiſchen der Seele und den Dingen wiederherzuſtellen, indem er eine neue Kunſt erſchuf, wo Vernunft und Erfahrung zur Vervollkommung der Phyſik mit einander vereiniget werden ſollten. Dieſe Darſtellung einer neuen Logik wird von unſerm Verfaſſer die Kunſt der Auslegung der Natur genennt.

Der Entzweck dieſer neuen Logik iſt, wie wir bereits bemerkt haben, nicht Argumente, ſondern Künſte auszufinden, nicht was mit Grundſätzen übereinkommt, ſondern Grundſätze ſelbſt; nicht wahrſcheinliche Urſachen, ſondern Plan und Entzwek der Werke. Verſchiedene Abſichten erzeugen verſchiedene Wirkungen. Auf die eine Art wird der Widerſacher durch Worte, auf die andre durch Werke überwunden. Dieſer Verſchiedenheit des Entzweks gemäß iſt auch die Natur und Ordnung der Beweiſe, die hier rein induktiv iſt. Diejenigen alſo, welche nicht muthmaßen, ſondern ausfinden und Kenntniſſe erlangen, nicht Fabeln und Romanen erdichten, ſondern in die Na-

tur dieſer wirklichen Welt eindringen und ſie zergliedern wollen, müſſen denn nothwendig die Dinge ſelbſt zu Rathe ziehen. Hier kann keine Stärke des Genies, keine Anſtrengung des Verſtandes, nicht Subtilität des Beweiſes, der Arbeit, Nachforſchung und Unterſuchung untergeſchoben werden.

Kenntniß und Kraft bieten ſich beim Menſchen die Hand; denn ſo lange er noch unwiſſend iſt, kann er keine Wirkungen äußern. In die Natur dringt man bloß durch Unterwerfung, daß man ihr Verfahren zu wirken bemerkt, und ihr nachforſcht, wie der Schüler, welcher das Verfahren ſeines Meiſters lernen will. Keine Kraft des Menſchen kann die natürliche Kette der Urſachen brechen, daher das einzige Verfahren, wodurch der Menſch die Natur regieren kann, blos davon abhängt, ihren Gang zu lernen. Wahre Hoffnung kann man von Wiſſenſchaft ſich alsdann machen, wenn der Menſch bei fortgeſetzten Schritten, gleichſam als auf einer ununterbrochenen Leiter vom Einzelen zu geringern Grundſätzen ſich erhebt, und ſo fort zu mittlern, von dieſen denn zu höhern, und endlich zu den höchſten, wo er dann auf dieſe Art die Formen und wirklichen Geſetze der Natur entdeckt, durch welche alle Dinge ſind, und wirken. Zur Entdeckung dieſer Geſetze werden wir von Lord Bacon beſtändig als zu Etwas angeführt, was allein eine richtige und allgemeine Theorie begründen, und von einer ausgedehnten Anwendung ſeyn kann. Seine Inſtauration, oder ſein Entwurf zu Wiederherſtellung der Künſte und Wiſſenſchaften, hängt ganz von der Entdeckung der Formen ab. Allein eben dieſe Formen oder Geſetze können auf keine andre Art zuverläſſig aufgefunden werden, als allein durch Induktion oder Ableitung.

Es iſt daher von der größten Wichtigkeit in der Phyſik, die allgemeinen Kräfte in der Natur ſo genau als

möglich zu kennen, ihre Urſachen zu beſtimmen, und ihre Folgen auszuzeichnen; denn da die Phänomene in der Natur unendlich, die Kräfte des menſchlichen Geiſtes hingegen eingeſchränkt ſind, ſo gewähren eben dieſe Phänomene, wenn wir ſie ohne allen Zuſammenhang mit andern Thatſachen betrachten, nur ſehr wenig Unterricht. Da das Unendliche kein Gegenſtand des Wiſſens iſt, ſo kann, ehe nicht die Formen oder Geſetze der Natur durch ſorgfältige Beobachtung und genaue Induktion entdeckt ſind, kein Fortſchritt in der Phyſik geſchehen.

Hieraus ergiebt ſich die Nothwendigkeit, auf einander Bezug habende Thatſachen zu vergleichen, und zu verbinden, ſo wie der Vortheil, ſie auf gewiſſe Axiome zurückzuführen, und dieſe zur Erklärung andrer Phänomene anzuwenden, damit wir endlich zu einer Kenntniß der allgemeinſten Geſetze gelangen, nach welchen alle Wirkungen in der Natur erfolgen. Allein ob wir gleich berechtigt ſind alle Phänomene, welche wir in Verbindung mit dieſen allgemeinen Geſetzen finden, und offenbar davon abhängen, als eben ſo viele bekannte und eingeſehene Thatſachen und Wahrheiten zu betrachten; ſo dürfen wir demohngeachtet ſolche Phänomene nicht überſehen, welche auf jene allgemeine Geſetze nicht zurück gebracht werden können, ſondern müſſen ſie als einfache und abgeſonderte Erſcheinungen anſehen, und aufbewahren, bis eine erweitertere Erfahrung, und eine genauere Beobachtung uns zur Entdeckung derjenigen Kräfte der Natur führt, auf welche ſie bezogen werden können.

Dieſe auf Verſuche und Beobachtung gegründete Art zu räſonniren, wodurch die allgemeinen Begriffe und Formen der Phyſik erfunden werden, iſt vollkommen induktiv. Die Schulen ſind nicht der Ort, wo dieſe phyſikaliſche Logik entwickelt wird. Sie begnügt ſich keinesweges mit

dem Schein, und mit prahleriſcher Formalität. Sie entfernt ſich von dem Geräuſche des Wortſtreits, und zieht ſich in die Einſamkeit des Arbeitsſtäte zurück, wo ſie in ſtiller Nachforſchung den Grund weſentlicher Kenntniſſe legt; und da ſie ſich mit Verſuchen und Beobachtungen beſchäftigt, ſo kann ſie nicht durch Worte beſchrieben werd.n, ſondern wird am beſten verſtanden und eingeſehen, wenn man ſie im Handeln beobachtet, und auf jeder Stufe des analytiſchen Fortſchreitens verfolgt.

Nachdem der Menſch beinahe 2000 Jahre lang die Wahrheit durch Syllogismen zu entdecken geſucht hatte, ſchlug Lord Bacon die Induktion, oder die Herleitung einer allgemeinen Schlußfolge aus Beiſpielen, als ein wirkſameres Hülfsmittel zu dieſer Abſicht vor. Sein Novum organon gab den Gedanken und Arbeiten des Forſchers eine neue und fruchtbringendere Richtung, und die Zeit ſeiner Erſcheinung kann als eine große Epoche in den Fortſchritten der menſchlichen Vernunft angeſehen werden.

Weder Erfahrung noch Verſuche müſſen indeß als ſo untrügliche Führer angeſehen werden, daß dadurch jeder Unterricht auf andern Wegen ausgeſchloſſen würde: denn durch ſie allein lernen wir den Gegenſtand doch nie durchaus kennen. Wir können zwar zu unſerm gegenwärtigen Gebrauch genug davon wiſſen, wir wiſſen indeß immer nicht, ob nicht außer dem, was bereits entdekt worden iſt, noch mehr gelernt werden könne. Wir können bloß ihre Wirkungen auf unſre Sinnen, oder auf einander bemerken, und hieraus unvollkommen die ihnen zugehörenden Kräfte, oder die auf ſie wirkenden Urſachen herleiten: allein daraus folgt noch nicht, daß es nicht auch andre Kräfte und Urſachen gebe, deren Wirkungen wir noch nicht erfahren haben.

Der größte Theil der menſchlichen Kenntniß beruht auf Wahrſcheinlichkeit. Auch können wir für allgemeine Geſetze, welche ihrer Natur nach zufällig ſind, und von dem Willen und der Anordnung des Schöpfers der Welt abhängen, keine andre Beweiſe haben. Er regiert die Welt, die er gemacht hat, nach allgemeinen Geſetzen. Die Wirkungen dieſer Geſetze in einzeln Phänomenen bieten ſich unſrer Beobachtung dar, und wenn wir eine Reihe gleichförmiger Wirkungen mit gehöriger Vorſicht beobachten, ſo können wir endlich das Naturgeſetz entziffern, nach welchem ſie ſo und nicht anders erfolgen.

Dies iſt die eigentliche Logik der phyſikaliſchen Gelehrſamkeit, die ein ſo weitſchichtiges und ſo mannichfaltiges Feld vor ſich hat, daß die vereinigten Phyſiker verſchiedener Zeitalter und Länder, unterſtützt durch die reichſte Sammlung und beſte Anordnung der Naturgeſchichte, die der eigentliche Grund der Phyſik iſt, hinreichend beſchäftigt werden. Von dieſer Grunderfahrung geht ſie mit einem zwar langſamen, aber ſichern und feſten Schritt aus; ſie zündet erſtlich, ſagt Lord Bacon, das Licht an, und zeigt ſodann mit dieſem Lichte den Weg, indem ſie mit regelmäßigen und wohlgeordneten, nicht aber mit ſchwankenden und voreiligen Verſuchen anfängt, aus dieſen Axiome ableitet und dann von wohlgegründeten Axiomen zu neuen Verſuchen übergeht.

So zahlreich und ausgebreitet indeſſen aber auch die Verſuche und Beobachtungen ſeyn mögen, ſo werden ſie doch nothwendig in beiden Rückſichten, ſowohl an Zahl als Ausdehnung, von der Natur übertroffen, da es in einigen Fällen ganz unmöglich iſt, ihnen eine gleichmäßige Ausdehnung zu geben, in andern aber wegen ihrer Entfernung gar keine unmittelbare Anwendung Statt findet. Um daher ſein Geſetz allgemein anwendbar zu machen, und

es über den ganzen Umfang in der Natur zu erſtrecken, iſt der Phyſiker genöthigt, ſeine Zuflucht zur Analogie zu nehmen, wodurch er ſeine Induktionen, welche ſich eigenthümlich auf die Menge der wirklich gemachten Verſuche und Beobachtungen beſchränken, auf alle andre von eben dieſer Art erſtrecket. Dieſes Axiom hält er für durchaus gültig, und zwar nicht nur für gegenwärtig, ſondern auch in der Folge, bis es entweder durch beſſere Verſuche, und durch eine ausgedehntere und vollſtändige Induktion beſtätiget und berichtiget, oder als unſtatthaft verworfen worden. Denn wenn wir bei Urtheilen über natürliche Dinge uns ganz auf Erfahrung beſchränkten, ſo könnte unſre Kenntniß nicht allgemein werden, denn ſie würde ſich blos allein auf diejenigen erſtrecken, mit denen wir Verſuche angeſtellt haben.

Dieſe richtige und philoſophiſche Art zu räſonniren ſchreibt eine geſunde Logik in dieſen ſowohl als in andern Theilen der Gelehrſamkeit vor; durch ſie ſteigt, auf dem langſamen aber ſichern Wege des Verſuchs und der Beobachtung, der Verſtand von Erſcheinungen zu Qualitäten, von Wirkungen zu Urſachen hinauf, um vermittelſt einer ächten Induktion von verſchiedenen einzelen Gegenſtänden, die durch Analogie eine größere Ausdehnung erlangt haben, allgemeine Sätze in Rückſicht der Kräfte und Eigenſchaften phyſikaliſcher Körper zu bilden. Was gehörig aus gut beobachteten und hinreichend beſtätigten Thatſachen hergeleitet werden kann, iſt wahr und richtig; es iſt die Stimme Gottes, keineswegs Fiktion der menſchlichen Einbildung.

Unſre Betrachtung der Natur, als unmittelbaren Gegenſtands der Sinne, iſt ſehr unvollkommen, und von geringer Ausdehnung; allein durch Beiſtand der Kunſt, und mit Hülfe unſrer Vernunft wird ſie vergrößert, bis ſie ſich ſelbſt auf beiden Seiten ins Unendliche verliert. Die Unermeß-

lichkeit der Dinge zur einen Seite, und ihre Kleinheit auf der andern, führen ſie gleichmäßig auſſerhalb unſrer Erreichung, und verbergen uns den ungleich größern und ädlern Theil der phyſikaliſchen Wirkungen. So wie Größe jeder Art, in abſtrakto betrachtet, fähig iſt, bis ins Unendliche vermehrt zu werden, und ſo auch ohne Ende theilbar iſt; ſo finden wir, daß in der Natur die Gränzen der größten und kleinſten Dimenſionen der Dinge wirklich in einer unermeßlichen Entfernung von einander geſtellt worden. Wir können keine Gränzen der unermeßlichen Ausdehnung faſſen, worin natürliche Urſachen wirken, ſo wie wir kein Ende des Univerſum beſtimmen können, ſo daß wir unmittelbar verlaſſen ſind, wenn wir uns bemühen, die Elemente der Dinge zu bezeichnen, und die Gränzen zu entdecken, welche die Untereintheilungen der Materie in ſich faſſen. Die Gegenſtände, welche wir insgemein groß nennen, verſchwinden, wenn wir den ungeheuern Körper der Erde betrachten: die Erdkugel ſelbſt verliert ſich bald in dem Sonnenſyſteme: in einigen Gegenden deſſelben erſcheint ſie als ein entfernter Stern: größtentheils aber iſt ſie ganz unbekannt, oder doch nur ſelten den wachſamen Beobachtern ſichtbar, und dies wahrſcheinlich nur mit Hülfe einer Kunſt, die derjenigen ähnlich iſt, wodurch Galiläi in Stand geſetzt wurde, ſo viele neue Theile des Syſtems zu entdecken. Die Sonne ſelbſt wird ein bloßer Stern; Saturnus große Laufbahn, ſelbſt die Laufbahnen aller Kometen werden ein Punkt, wenn ſie aus zahlloſen Stellen zwiſchen der Erde und den nächſten Fixſternen betrachtet werden. Andre Sonnen ſtrömen Licht, um andre Syſteme zu erleuchten, wo unſre Sonnenſtrahlen nicht weiter bemerkt werden; allein auch ſie verſchwinden in dem unermeßlichen Raume. Selbſt alle Syſteme der Sterne, welche in dem reinſten Himmel ſtrahlen, müſſen nur einen Winkel dieſes Raums einnehmen, über welchen ſolche Syſteme verbreitet ſind, da durch das Teleſkop in einer Konſtella-

tion mehr Sterne entdeckt werden, als das unbewaffnete Auge am ganzen Himmel wahrnimmt. So hoch wir aber gekommen, und alle beſtimmte Maße weit hinter uns gelaſſen haben, ſo finden wir uns doch um nichts dem Ende und der Gränze näher, da alles dieſes nichts gegen dasjenige iſt, was in dem unendlichen Raume, hinter den entfernteſten Sternen, die je entdeckt worden ſind, vorgeht. Steigen wir auf der Leiter der Natur herab gegen andre Gränzen, ſo finden wir eine eben ſolche Abſtuffung von kleinern Gegenſtänden zu andern unvergleichbar kleinern, und gelangen endlich ſoweit unter alles denkbare Maß, als wir vorher über daſſelbe waren, und zwar durch ähnliche Stuffen, die uns in gleicher Dunkelheit laſſen. Wir haben allen Grund zu glauben, daß dieſe Untereintheilungen der Materie eine Gränze haben, und daß die Elementartheilchen der Körper feſt und unzuſammengeſetzt ſind, ſo daß ſie keiner Veränderung in den verſchiedenen Operationen der Natur und der Kunſt ausgeſetzt ſind. Allein aus mikroſkopiſchen Beobachtungen, welche Thiere entdecken, deren Tauſende kaum ein Partikelchen bilden dürften, was dem unbewaffneten Sinne merkbar wäre, deren jedes ſeine ihm eigenen Gefäße und Flüſſigkeiten hat, die in dieſen Gefäßen zirkuliren; aus der Fortpflanzung, Ernährung und dem Wachsthume dieſer Thiere; aus der Feinheit der Ausflüſſe der Körper, welche ihre ihnen eigene Eigenſchaften behalten, nachdem ſie eine ſo außerordentlich große Verdünnung erlitten; aus vielen erſtaunungswürdigen Verſuchen der Chemiſten; und beſonders aus der unbegreiflichen Kleinheit der Lichttheilchen, welche in allen Richtungen einen Durchgang durch die Poren durchſichtiger Körper finden, ſo wie aus den entgegengeſetzten Eigenſchaften der verſchiedenen Seiten des nämlichen Strahls, ſcheint es, daß die Subdiviſionen der Partikelchen der Körper durch eine Anzahl von Stuffen oder Graden herabſteigen, die alle Vorſtellung

übertrift, und alſo die Natur auf jeder Seite von uns nicht erſchöpft werden könne. Indeſſen bemerken wir dieſe Abſtuffung in der Größe der Körper nicht allein. Unter den Bewegungen geſchehen einige in Augenblicken, andre in ſehr langen Perioden; einige ſind zu langſam, andre zu geſchwind, um von uns bemerkt zu werden. Die Darſtellung der Kette der Urſachen iſt das große Ziel der Phyſik; allein wir ſtoßen nie auf eine Urſache, die nicht an ſich ſelbſt ſchon als Wirkung angeſehen werden kann, und wir ſind daher blos im Stande, einige Glieder der Kette zu zählen. Bei jeder Art von Größe giebt es einen Grad oder eine Art, mit welcher unſer Sinn in Verhältniß ſteht, und deſſen Einſicht und Kenntniß von dem größten Nutzen für die Menſchheit iſt. Dies iſt das Hauptgeſchäfte der Phyſik; denn obſchon alle Arten und Grade gleichmäßig ein Gegenſtand phyſikaliſcher Nachforſchungen ſind, ſo iſt es doch immer von denjenigen, welche dem Sinne angemeſſen ſind, wo ein Phyſiker ſeine Unterſuchungen anfangen muß, und wo er denn hinauf oder herabſteigt, ſo wie ſeine Unterſuchungen es erforderlich machen. In der That thut er ſehr wohl, wenn er ſeine Ueberſicht aus vielen Geſichtspunkten nimmt, und die Mängel des Sinns durch eine gut geordnete Einbildungskraft erſetzt; er iſt in keine Gränzen von Raum und Zeit eingeſchränkt: allein da ſeine Kenntniß der Natur auf die Beobachtung ſinnlicher Dinge gegründet iſt, ſo muß er mit dieſen anfangen, und öfters zu denſelben zurückkehren, und ſein Fortſchreiten durch dieſelben unterſuchen. Hier iſt ſein ſichrer Aufenthalt, allein ſo wie er davon ausgeht, wird er, wenn er ſeine Schritte nicht öfters vorſichtig zurückzieht, in Gefahr ſeyn, ſeinen Weg in den Labyrinthen der Natur zu verlieren.

Durch dieſe kurze Ueberſicht der Natur, und der Lage des Menſchen, als Zuſchauer ihrer Phänomene

betrachtet, und als Nachforſcher ihrer Einrichtung, können wir in Rückſicht des Entwurfs derjenigen urtheilen, welche bei Bearbeitung ihrer Syſteme am Gipfel der Skale anfangen, und alsdann behaupten, durch alle ihre Schritte mit hellen Begriffen und mit Leichtigkeit herab zu ſteigen, und ſo gewiſſermaßen auf einmal alles zu erklären. Die Prozeſſe in der Experimental-Phyſik werden auf verſchiedene Art betrieben; der Anfang iſt nicht groß, allein der Entwurf vervollkommt ſich, ſo wie wir von einzelen Beobachtungen zu allgemeinern und genauern Ueberſichten gelangen. Man muß in der That geſtehen, daß Phyſik vollkommen ſeyn würde, wenn unſre Ueberſicht der Natur von den gewöhnlichen Gegenſtänden der Sinne bis zu den Gränzen des Univerſum aufwärts, und zu den Elementen der Dinge unterwärts vollſtändig, und die Kräfte oder Urſachen, welche im Ganzen wirken, bekannt wären. Allein wenn wir den Umfang dieſes Entwurfs mit dem Kräften des Menſchen bedenken, ſo werden wir genöthiget, die Nothwendigkeit zuzugeſtehen, ſie theilweiſe zu nehmen, und mit aller möglichen Vorſicht und Sorgfalt fortzugehen, ſo wie wir tiefer in jeden Theil einzudringen ſuchen. Sehen wir nun ſolche Wunder, dergleichen Phyſiker in den kleinſten Gegenſtänden entdeckt haben, können wir alsdann wohl behaupten, die Produkte der unendlichen Macht im Raume ſo leicht zu beſchreiben, der zu gleicher Zeit unendlich ausgebreitet, und unendlich theilbar iſt! Vielmehr müſſen wir glauben, daß es noch Materie genug zu Nachforſchungen, und zu beſtändiger Bewunderung für vollkommnere Weſen giebt. *)

Es iſt daher bei unſrer gegenwärtigen Lage in dem Univerſum keineswegs das Geſchäfte der Phyſik, auf einmal mit einem Ueberblick den ganzen Inbegriff der Natur

---

*) Maclaurins Diſcoveries of Sir I. Newton, p. 15.

zu umfaſſen; ſondern unſre Kenntniß mit aller Sorgfalt und Vorſicht durch Fortſchritte von ſinnlichen Dingen zu verbreiten, ſo weit als unſre Beobachtungen oder Schlüſſe von ihnen uns in unſern Nachforſchungen, es ſey nun entweder in Rückſicht der größern Bewegungen und Operationen der Natur, oder ihrer feinern und verborgenern Werke, führen.

Unter denjenigen, welche den Weg eingeſchlagen ſind, der in dem neuen Organon vorgeſchrieben worden, behauptet Sir Iſaac Newton ohnſtreitig den erſten Rang. Nach dieſem Grundriſſe entwarf er ſeinen Begriff von dem Syſteme der Welt zufolge der beſten aſtronomiſchen Beobachtungen, die man damals beſaß, indeß er ſelbſt mit der größten Geſchicklichkeit Verſuche ausführte, wodurch er im Stande war, in die Geheimniſſe der Natur tiefer einzudringen.

Er hat uns zwei unvergleichliche Abhandlungen geliefert, ſeine mathematiſchen Grundſätze der Phyſik, und ſeine Abhandlung über die Optik. In der erſtern beſchreibt er das Syſtem der Welt, und zeigt die Kräfte, welche die Bewegungen am Himmel regieren. Dieſe erſtrekken ſich von dem Mittelpunkte der Sonne bis zur größten Höhe des höchſten Kometen. In der zweiten handelt er vom Lichte, als einem der mächtigſten Wirkungsmittel in der Natur.

Die erſte Regel zu philoſophiren, wie ſie dieſer große Mann gegeben hat, iſt dieſe: Es müſſen niemals mehr Urſachen, oder irgend andre Urſachen natürlicher Wirkungen angenommen werden, als ſolche, welche ſowohl wahr als auch hinreichend ſind, um ihre Erſcheinungen zu erklären. Dies iſt in der That eine goldne Regel

Wenn daher ein Phyſiker vorgiebt, Ihnen die Urſache von irgend einer natürlichen Wirkung zu zeigen, es betreffe entweder Materie oder Geiſt, ſo überlegen Sie zuerſt, ob hinreichende Ueberzeugung vorhanden iſt, daß die angezeigte Urſache wirklich zugegen iſt. Iſt dies der Fall nicht, ſo verwerfe man ſie mit Verachtung als Fiktion, welche in der wahren Phyſik keinen Platz zu haben verdient. Iſt die angezeigte Urſache aber wirklich vorhanden, ſo überlegen Sie ferner, ob die Wirkung, die erklärt werden ſoll, nothwendig daraus folgt: finden dieſe beiden Bedingungen nicht Statt, ſo taugt ſie zu nichts.

Die zweite Regel des großen Newton iſt folgende: Daß natürliche Wirkungen von einerlei Art auch aus einerlei Urſache erklärt werden müſſen. Dieſe Regel gründet ſich auf Analogie und auf Gleichförmigkeit des Verfahrens in der Natur. So betrachtet ſie den Fall eines ſchweren Körpers gegen die Erde in Europa als eine Wirkung der nämlichen Art wie den Fall eines ſchweren Körpers gegen die Erde in Amerika. Solchen Wirkungen alſo müſſen ähnliche Urſachen zugeſchrieben werden. Die Bewegung des Monds um die Erde, der Satelliten um den Jupiter oder Saturn, und der Hauptplaneten um die Sonne ſind Wirkungen von einerlei Art. Was Sie daher als Urſache einer dieſer Bewegungen finden, da können Sie folgern, daß es die wahre Urſache der übrigen ſey.

Sie werden leicht bemerken, daß dieſe Regel von dem letztern Theile der vorhergehenden abgeleitet iſt. Wirkungen von einerlei Art kommen von einerlei Urſache. Wir folgen daher richtig die nämlichen Urſachen von ähnlichen Wirkungen, weil wir außerdem die Urſachen ohne Noth vervielfachen, und mehrere annehmen würden, als für die Erſcheinungen in der Natur hinreichend ſind.

Newtons dritte Regel gründet ſich auf Induktion und Analogie und betrachtet ſolche Eigenſchaften, die unveränderlich gefunden werden, als allen Körpern angehörig, an denen wir Verſuche anſtellen können, als Eigenſchaften, welche allen Körpern zugehören.

Es giebt viele Körper, an denen wir keine Verſuche anſtellen können, allein wenn wir öfters Verſuche mit andern Körpern gemacht haben, die wir unmittelbar kennen, und ſie unveränderlich mit gewiſſen Eigenſchaften verſehen finden, ſo haben wir das Recht, durch Analogie unſre Folgerung auch auf alle andre Körper auszudehnen, und ſie ſolchergeſtalt allgemein zu machen: ein Weg der Folgerung, welcher mit der Harmonie der Dinge zuſammentrift, ſo wie mit dem alten Grundſatze, der dem Hermes zugeſchrieben wird, und den die Beobachtungen und das Urtheil der weiſeſten Phyſiker beſtätiget haben, daß nämlich, was oberhalb am Himmel geſchieht, dem ähnlich und analog iſt, was auf der Erde unterhalb erfolgt. *)

So finden wir, daß alle Körper, welche wir beobachtet haben, eine Schwere gegen einander äußern: ſie ſtreben nämlich, wenn ſie der Erde nahe ſind, durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde zu fallen. Ob wir nun zwar an jedem Steine eben nicht den Verſuch gemacht haben, eben ſo wenig als an jedem Stücke Blei, welches wir ſehen, ſo können wir doch, nach dem, was wir verſucht haben, ſchließen, daß ſie alle die nämliche Eigenſchaft beſitzen. Iſt nun dieſe Folgerung richtig, wenn ſie auf dieſe Art weit über unſre Beobachtung ausgedehnt wird, ſo kann dies auch noch weiter geſchehen.

*) Maclaurins Sir I. Newtons Discoveries p. 22.

Keiner kann nach dem, was er an allen Arten von Körpern erfahren hat, die er angewendet, vernünftiger Weiſe zweifeln, ob andre Körper von verſchiedenen Arten nicht eben ſo wohl eine Schwere beſitzen als dieſe; und nach dem, was er an allen Körpern beobachtet hat, wo er Verſuche anſtellen kann, kann er dann ſchließen, daß dieſe Eigenſchaft der Schwere allen Körpern allgemein zugehört, und daß folglich auch der Mond gegen die Erde ſchwer ſey. So ſind wir denn durch eine hinreichende Menge von einzelen Verſuchen im Stande, allgemeine Folgerungen zu ziehen.

Blicken Sie nun zurück auf den Zuſtand der Phyſik in den verſchiedenen Zeitaltern, ſo werden Sie aus der Geſchichte einer jeden Periode erſehen, daß ſoweit als Phyſiker die Natur zu Rathe zogen, und Beobachtungen anſtellten, ſie an wahrer Kenntniß zunahmen; allein daß, ſo wie ſie ſich bemühten, Syſteme auf irgend einen andern Grund zu bauen, ſie blos Streitigkeiten und Irrthümer vervielfachten.

Sehr weislich betrachtet daher Lord Bacon die Naturphiloſophie als eine große Pyramide, die die Geſchichte der Natur zu ihrer Grundlage haben muß, die Geſchichte der Kräfte und Grundſätze, welche in der Natur wirken, zum zweiten, und die Formal- und Finalurſachen der Dinge zum dritten Aufſatze. Was aber die Spitze dieſer Pyramide, die höchſte Stufe in der Natur betrift, das Werk, welches Gott vom Anfang bis zu Ende wirkt, ſo zweifelt er, ob ſie je von Menſchen erreicht werden dürfte.

Funfzehnte Vorleſung.

Von der Optik.

Die großen Fortſchritte, welche ſeit dem letztern und im gegenwärtigen Jahrhunderte in der Optik gemacht worden ſind, machen den Menſchen und der Phyſik Ehre. Newton's Theorie des Lichts und der Farben giebt eine ſo vortreffliche Anleitung zur Erfindung, zu Anſtellung gut angeordneter Verſuche, und zu den daraus zu ziehenden bündigen Folgerungen, daß, wäre dies Newtons einziges Werk geweſen, es nicht allein ihm, ſondern auch dem Lande, das ihn gebar, die größte Ehre machen würde. Unter den ſogenannten fünf Sinnen iſt der Sinn des Geſichts ohnſtreitig der ädelſte. Die Lichtſtrahlen, für welche dieſer Sinn empfänglich iſt, und von welchen wir ohne ihn gar keinen Begrif haben würden, ſind der bewundernswürdige Theil der unbelebten Schöpfung.

Sie werden hievon vollkommen überzeugt werden, wenn Sie ihre außerordentliche Feinheit erwägen, ihre unbeſchreibliche Geſchwindigkeit, die regelmäßige Mannigfaltigkeit von Farben, die ſie erzeugen, die unwandelbaren Geſetze, nach denen andere Körpern bei ihren Reflexionen und Refraktionen, ohne die geringſte Veränderung ihrer urſprünglichen Eigenſchaften, auf ſie wirken; ferner die Leichtigkeit, womit ſie durch Körper von großer Dichtigkeit, und dem geſchloſſenſten Gewebe dringen, ohne Widerſtand, ohne einander zu ſtören, und ſelbſt ohne auf die leichteſten Körper den geringſten Eindruck zu machen.

Wärme und Licht kann man als Kinder des Feuers, als verwandte Eigenſchaften von einer und der nämlichen Urſache betrachten, die ihre Kräfte zuweilen abgeſondert, zuweilen vereiniget äußert. Wir kennen indeſſen noch wenig die innerlichen Verbindungen des Lichts, und die Art, wie es auf verſchiedene Körper wirkt. Verſuche mit Gewächſen geben uns alle Urſache zu glauben, daß ſich Licht mit gewiſſen Theilen derſelben verbindet, und daß das Grün ihrer Blätter, und die verſchiedenen Farben ihrer Blumen vornämlich von dieſer Verbindung herrühren: denn Pflanzen, welche im Finſtern wachſen, ſind vollkommen weiß, matt, und nicht geſund: um wieder Leben, und ihre natürliche Farbe zu erlangen, iſt der unmittelbare Einfluß des Lichts erforderlich. Etwas ähnliches findet auch ſelbſt bei Thieren Statt, und Menſchen arten bis zu einem gewiſſen Grade aus, wenn ſie eingeſchloſſen leben, oder eine ſitzende Lebensart in Manufakturen führen. *) Obſchon die Sonne um viele Millionen Meilen von uns entfernt iſt, ſo ſehen Sie ſie doch ſo deutlich, und empfinden ſo mächtig ihren Einfluß, als ob Sie dieſelbe erreichen könnten: ſie iſt gleichſam mit Ihrer Exiſtenz verwebt. Sie giebt ihrem animaliſchen Körper Stärke und Leben; ja Sie würden nicht eine Stunde überleben, wenn ihr Einfluß und ihre Wirkungen jemals aufhörten.

Das Licht wird nach allen Seiten von ſeinem Urquelle, der Sonne, verbreitet: verbunden mit der Luft giebt es der Erde Schönheit und Fruchtbarkeit, unterhält das vegetabiliſche und animaliſche Leben, ſo wie die verſchiedenen Arten der Bewegungen durch das ganze Syſtem der Natur.

---

*) Man ſehe hierüber D. Sennebiers phyſ. chem. Abhl. über den Einfluß des Sonnenlichts auf alle drei Reiche der Natur; aus dem Franz. 4. Th. Leipz. 1785. 8. G.

Durch ihre mannigfaltigen und ſegnenden Wirkungen ſowohl als durch die Schönheit und Pracht, die ſie überall hervorbringt, führet ſie uns zu dem Schöpfer der Natur. Die Sonne ſcheint am Tage, der Mond und die Sterne zur Nacht; und ob ſie ſchon nicht wie der Menſch die Gabe der Sprache haben, ſo reden ſie doch gleichwohl auf eine andre Art, durch Darſtellung und Malerei, zu dem Gemüthe des vernünftigen Zuſchauers.

Das Licht führt uns die ganze Natur zu, die Bäume, die Blumen, die kriſtallnen Ströme und den azurblauen Himmel: die feſten Theile der Natur ſind auf ewig unter dem Lichte vergraben, ſo daß wir wirklich nichts ſehen als eine Schöpfung von Farben. Nur Licht iſt ein Gegenſtand des Sehens. Das, was wir Körper oder Subſtanz nennen, und die verſchiedenen Farben des Lichts reflektirt, liegt unter dem Scheine verborgen, und iſt in undurchdringlicher Dunkelheit verhüllt. Materie ſcheint dem erſten Anſehen nach das einzige Weſen zu ſeyn, das wir kennen, und das wir überall antreffen; allein unterſuchen wir genauer, ſo entzieht ſie ſich, wie ein Phantom, unſerer Wahrnehmung; wir kennen ſie nicht; je tiefer wir ihrer Natur nachſpähen, deſto weiter entfernt ſie ſich von uns, und alles, was wir endlich mit Gewißheit wiſſen, beſchränkt ſich darauf, daß ſie gleichſam der Schirm iſt, wohin die höchſte Macht ſich vor dem offnen Anblicke zurückzieht, und nach regelmäßigen Geſetzen wirkt.

Das Auge iſt das Werkzeug, wodurch wir die Wirkungen des Lichts empfinden; ſein Bau, alles, was dazu gehört, und die verſchiedenen Einrichtungen, um alle ſeine innern und äußern Bewegungen auszuführen, zeigen deutlich, daß es ein Werk der göttlichen Weisheit iſt; und wer im Ernſte zweifeln könnte, ob die Lichtſtrahlen und das Auge für einander mit der größten Weisheit und mit der vollkommenſten

Geſchicklichkeit in der Optik gemacht worden, můßte nicht wiſſen, was in Betreff dieſes Gegenſtandes entdeckt worden iſt, oder ſeinen Verſtand nicht brauchen kőnnen.

Wenn es eine Ordnung von Weſen gåbe, welche alle menſchliche Fåhigkeiten außer dem Geſichte beſåßen, wie unglaublich wůrde es ſolchen Weſen ſcheinen, die blos an den langſamen Unterricht des Gefühls gewőhnt wåren, daß man mittelſt eines Organs, welches aus einer Kugel von őhngefåhr einem Zoll im Durchmeſſer beſtehe, in einem Augenblicke und ohne den Ort zu verändern im Stande ſey, die Stellung einer ganzen Armee, oder eine Schlachtordnung, oder die Form eines großen Palaſtes, oder alle die Abwechſelungen einer Landſchaft zu überſehen? Wenn ein Menſch durch das Gefühl die Geſtalt des Teneriffa, oder der Peterskirche zu Rom ausfindig machen ſollte, ſo würde dies das einzige Geſchåfte ſeiner ganzen Lebenszeit ſeyn můſſen.

Noch unglaublicher würde es den angenommenen Weſen ſcheinen, wenn man ihnen von den Entdeckungen ſagte, welche mittelſt dieſes kleinen Organs in Dingen gemacht werden kőnnen, die kein andrer Sinn erreichen kann; daß wir vermittelſt deſſelben auf dem pfadloſen Oceane umherſchiffen, die Erde umſegeln, ihre Figur, ihre Grőße und ſelbſt jede Region derſelben auf das genaueſte beſtimmen und verzeichnen kőnnen; daß wir endlich eben dadurch auch die Planeten meſſen, und die Sterne zåhlen kőnnen.

Würde es ſolchen Weſen nicht noch erſtaunungswürdiger vorkommen, wenn ſie ferner hőrten, daß wir vermittelſt eben dieſes Organs die Temperamente und Leidenſchaften unſrer Nebengeſchőpfe ergründen kőnnen, ſelbſt wenn ſie ſie zu verbergen ſich åuſſerſt angelegen ſeyn laſſen; daß wir durch eben dieſes Organ nicht ſelten

gewahr werden, was in dem Gemüthe ſowohl als am Körper gerade oder verſchoben iſt; daß es an jeder Bewegung des Gemüths Theil nimmt, ſie ſey ſo ſanft und zart, oder ſo heftig und ſtürmiſch, als ſie wolle; daß es dieſe Bewegungen mit vieler Stärke ausdrückt, und ſogar das Feuer und die Bewegung des Gemüths, worin ſie entſprangen, dem Gemüthe des Zuſchauers mittheilt? Der Blinde muß vieles auf Glauben annehmen. Wenn er den Erzählungen derjenigen Glauben beimeſſen will, welche ſehen, ſo muß ſein Glaube denjenigen weit übertreffen, welchen der Skeptiker als unmöglich oder thöricht verlacht *). Man hält daher nicht ohne Grund das Vermögen zu ſehen für ädler als die übrigen Sinne, für den Sinn des Verſtandes, für die Sprache der Seele.

In den vorhergehenden Vorleſungen über das Feuer haben Sie geſehen, wie alles mitten in dieſem Elemente beſteht, welches zwar vermögend iſt, alles zu zerſtören und zu verzehren, allein nach ſeiner freien Wirkung nie irgend etwas vernichtet. Ich werde nun von einem andern Wirkungsmittel handeln. Licht iſt eine Eigenſchaft des Feuers; mittelſt ſeiner Wirkung ſehen wir uns in einem Augenblicke aus der dikſten Finſterniß in das hellſte Tagelicht verſetzt; es giebt uns ein neues Daſeyn, indem es macht, daß wir gleichſam aus uns ſelbſt herausgehen, und uns mit den entfernteſten Gegenſtänden vereinigen und unterhalten können. Wärme und Licht ſind ohnſtreitig Kinder des Feuers, ob wir gleich freilich nicht im Stande ſind, die Linie der Trennung zu ziehen, oder die Bande zu beſtimmen, die ſie vereinigen. Sie werden ſich über dieſe verſchiedenen Modifikationen eines und deſſelben Fluidum nicht verwundern, wenn Sie bedenken, daß in dieſer Welt Schönheit und

*) Reid's Inquir. into human mind. p. 152. 155.

Weſen in der größten Mannigfaltigkeit, und unter den verſchiedenſten Geſtalten erſcheinen und doch immer nur eine und die nämliche Fläche der Dinge Ihrem Blicke ſich darbietet.

Wie das Auge unter den Organen des Körpers, ſo iſt die Optik unter den Zweigen der Phyſik der ädelſte, wundervollſte und nützlichſte. Sie handlen nun entweder vom einfachen Sehen, oder vom Sehen durch Gläſer, oder von den Wirkungen der Spiegel, ſo bezieht ſich alles aufs Auge, und bei allen Erklärungen, welche ſie von den Erſcheinungen giebt, findet ſich der Mensch intereſſirt. Werfen Sie Ihr Auge auf eine große Fläche, und laufen ſchnell über alle Gegenſtände auf derſelben weg, ſo wird in einem Augenblicke ihr Bild ſich genau auf dem Grunde Ihres Auges abmahlen; ſehen Sie durch ein Teleskop gegen einen entfernten Gegenſtand, ſo erſcheint er, als ob er blos einige Zolle von dem Auge entfernt wäre. Schwächt das Alter das Geſicht, ſo ſtellt ein konvexes Glas es wieder her; iſt das Auge ſo gebildet, daß es nicht vermögend iſt, entfernte Gegenſtände zu erkennen, ſo hilft ein konkaves Glas dieſem Mangel ab. Haben Sie eine Hitze nöthig, welche diejenige von einem Ofen übertreffen ſoll: ſo lehrt Sie die Optik, wie Sie dieſelbe von den Sonnenſtrahlen erhalten können. Mit einem Priſma in Ihrer Hand zerſetzen Sie dieſe Strahlen, und zeigen, daß die Lichtſtrahlen, die uns ungefärbt erſcheinen, aus ſieben Hauptfarben beſtehen.

Unter den verſchiedenen Erfindungen menſchlicher Kunſt giebt es keine, die auf Ihre Bewunderung ſo gerechte Anſprüche machen, als diejenigen, welche die Stärke des Geſichts vermehren. Die Entdeckung optiſcher Inſtrumente kann unter die ädelſten ſowohl als nutzbarſten Geſchenke gerechnet werden, die der höchſte Künſtler dem Menſchen mitgetheilet hat. Denn wie bewundernswerth das Auge auch aus den Händen deſſen kam, der es ſchuf, ſo iſt ihm

doch von ſeinem Schöpfer noch vor allen andern Organen des Menſchen der Vorzug gelaſſen, daß es durch menſchliche Erfindung ſowohl zum Nutzen und Vergnügen des Lebens, als auch zum Behufe der Naturwiſſenſchaft ſehr verſtärkt und vervollkommt werden kann, indem entweder, wie bei Mikroſkopen, Form und Verhältniß der vorher unbemerkbaren kleinſten Theile der Körper (gleichſam der Atomen der Natur) oder wie beim Teleskope, durch Zuſammenziehung des Raums und wie durch magiſche Künſte größere Gegenſtände des Univerſum, deren Anſehen entweder durch die unermeßlichen Entfernungen verſteckt oder dem Blicke ganz entzogen worden wäre, dem Auge dargeſtellet werden.

Daß Licht die Wirkung einer materiellen wirklichen Subſtanz ſey, erhellet aus folgenden wenigen Umſtänden.

1) Die Bewegung des Lichts iſt, ſo wie bei allen übrigen Körpern, fortſchreitend; und die Aſtronomen haben bewieſen, daß es ohngefähr 7 bis 8 Minuten Zeit braucht, um von der Sonne bis zu der Erde zu gelangen. Dieſe Entdeckung ward zuerſt von Herrn Römer gemacht, welcher daraus, daß die Verfinſterungen der Trabanten des Jupiters ſich früher oder ſpäter, als es der Theorie noch der Fall ſeyn ſollte, nach Maßgabe des größern oder geringern Abſtandes der Erde vom Jupiter ereigneten, den Schluß zog: die Bewegung des Lichts ſey nicht augenblicklich. Durch Beobachtung der verſchiedenen Zeiten der Erſcheinungen dieſer Verfinſterungen, nach Maßgabe der verſchiedenen Abſtände der Erde vom Jupiter, entdeckte er nun die Zeit, welche es brauchte. Dieſe Theorie beſtätigte ſich in der Folge durch die merkwürdige Entdeckung des Dr. Bradley von der ſcheinbaren Bewegung der Fixſterne, welche ſich ſo vortreflich durch die Bewegung des Lichts erklären läßt.

Aus dieſen Beobachtungen des Dr. Bradley ſieht man, daß das Licht aus einer Entfernung z. B. von der Sonne bis zur Erde innerhalb 8 Minuten 12 Sekunden fortgepflanzt wird; ſo wie man zugleich hieraus ſieht, daß die Geſchwindigkeit des Lichts gleichförmig und einerlei iſt, es komme nun unmittelbar aus den Sternen, oder ſey reflektirt, wie von den Trabanten des Jupiters.

2) Licht kann auf ſeinem Wege von einem Orte zum andern durch die Zwiſchenkunft eines dunkeln Körpers aufgehalten werden, ſo wie andre Flüſſigkeiten in ihrem Laufe gehindert werden, wenn man ihnen irgend einen dichten Körper entgegenſtellt.

3) So wie alle andre ſich bewegende Körper kann es aus ſeinem geraden Laufe abgelenkt und die Richtung ſeiner Bewegung verändert werden; es kann ferner in einen kleinen Raum geſammelt, oder durch einen größern zerſtreut werden.

4) Es wirkt auf die Organe der Thiere, und auf alle andre Körper auf eine ähnliche Art, wie die übrigen flüſſigen Subſtanzen, indem es auf ſie mit einer beſtimmten Kraft einen Eindruck macht, ihnen einen gewiſſen Grad der Bewegung mittheilt, und ihre Beſtandtheile trennt.

Da die Geſchwindigkeit des Lichts bekannt iſt, ſo wären wir im Stande, die Größe ſeiner Theilchen zu ſchätzen, wenn wir genaue Beobachtungen über die Wirkung ihres Moments beſäßen. Denn man hat gefunden, daß eine Kanonenkugel gleich nach dem Abfeuern eine (engliſche) Meile in acht Sekunden zurücklege und daß ſie daher in 32 Jahren in der Sonne anlangen werde, wenn man annimmt, daß ſie ſich mit unveränderter Geſchwindigkeit fortbewegt. Das Licht hingegen bewegt ſich, wie wir oben geſehen haben, durch dieſen Raum in acht Minuten, welche Geſchwindigkeit zwei Millionen mal größer iſt. Die Kraft

aber, mit welcher ſich die Körper bewegen, verhält ſich wie ihre Maſſen durch ihre Geſchwindigkeiten multiplicirt. Wenn alſo die Lichttheilchen der Maſſe nach dem zweimillionſten Theile eines Sandkornes gleich wären, ſo würden wir ihren Stoß nicht mehr empfinden, als den eines Sandſchuſſes auf das Ziel aus der Mündung einer Kanone.

Erklärungen.

Die Urſache und die Natur des Sehens iſt eigentlich der Gegenſtand desjenigen Theils der Phyſik, welcher unter dem Namen Optik bekannt iſt. Da indeſſen das Sehen vorzüglich durch das Licht bewirkt wird, ſo bedient man ſich des Worts Optik in einem noch ausgebreitetern Verſtande, und betrachtet in der Phyſik alles als einen Theil der Optik, was ſich auf die Natur und Eigenſchaften des Lichts bezieht.

Wenn das Wort Optik im engern Verſtande als Theorie des Sehens gebraucht wird, ſo zerfällt die Wiſſenſchaft der Optik in zwei Abtheilungen, wovon die eine Dioptrik, die andre Katoptrik genennt wird.

Die Geſetze der Refraktion und die Wirkungen, welche das Brechen des Lichts auf das Sehen hat, ſind der Gegenſtand der Dioptrik.

Die Geſetze der Reflexion hingegen, und die Wirkungen, welche das Zurückwerfen der Lichtſtrahlen auf das Sehen hat, machen den Gegenſtand der Katoptrik aus.

Dieſe Diſtinktionen werden uns indeſſen wenig nutzen, da ich es dieſen Vorleſungen nicht angemeſſen finde, die Zweige der Optik abgeſondert von einander abzuhandeln.

Was man mit dem Auge ſieht, wird von den Optikern ein Gegenſtand oder Objekt genannt.

Jeder leuchtende Gegenſtand wird betrachtet, als ob er aus einer ungeheuern Menge kleiner Punkte beſtehe, deren jeder durch eine unbekannte Kraft Lichtſtrahlen nach allen Richtungen ausſende, und ſolchergeſtalt der Mittelpunkt einer Lichtkugel ſey, die ſich unbeſtimmt nach allen Seiten ausbreitet. Um ſich dies deutlicher zu machen, betrachten Sie dieſen kleinen glänzenden Gegenſtand, den ich hier auf den Tiſch lege, und Sie werden finden, daß Sie ihn überall in jedem Theile des Zimmers ſehen können; es iſt daher offenbar, daß Lichtſtrahlen von allen Theilen deſſelben ausfahren, und ſich unbeſtimmt nach allen Seiten verbreiten müſſen.

Unter einem Lichtſtrahle wird insgemein das kleinſte Lichttheilchen verſtanden, welches entweder allein aufgehalten werden kann, indeß alle übrigen frei fortſchieſſen, oder welches allein frei durchgehen kann, indeß die übrigen aufgefangen werden.

Jeder Theil von Strahlen, die von einem Punkte auslaufen, und als von den übrigen getrennt betrachtet werden, heißt ein Strahlenbüſchel.

Unter einem Medium verſteht man nach der Sprache der Optiker, jeden hellen oder durchſichtigen Körper, durch welchen das Licht einen freien Durchgang hat. So werden das Waſſer, die Luft, ein Diamant und Glas, Media oder Mittel genannt.

Man ſagt, ein Medium ſey dichter als das andre, wenn es bei einerlei Raum und Größe mehr Materie enthält: ſo iſt das Glas dichter als Waſſer, Waſſer dichter als Luft.

Ein kleiner Gegenſtand, oder ein phyſikaliſcher Punkt eines Gegenſtands, wenn man ihn als Licht fortpflanzend gegen einen gewiſſen Theil betrachtet, heißt ein ſtrahlender oder leuchtender Punkt.

Diejenigen Strahlen, welche von einem Punkte in einer ſehr großen Entfernung ausgehen, können als parallele Strahlen angeſehen werden; denn je größer der Abſtand des Punkts iſt, woher Strahlen ausfließen, um deſto mehr nähern ſie ſich der parallelen Richtung.

Von den allgemeinen Grundſätzen, worauf ſich optiſche Beweiſe gründen.

Um einige der allgemeinen Grundſätze der Optik zu erläutern, und zu erklären, will ich dieſes Zimmer verfinſtern, und das Licht blos durch eine kleine Oefnung eindringen laſſen. Der Oefnung gegenüber will ich eine weiße Wand ſtellen. An dieſer Wand nun werden Sie ein Gemälde aller äußern Gegenſtände ſehen, welche der Oefnung gegenüber ſich befinden, und zugleich mit allen ihren natürlichen Farben. Die Farben ſind nur ſchwach dargeſtellt. Die Bilder der Gegenſtände, welche ruhen, als Häuſer, Bäume u. ſ. f. erſcheinen auch auf der Wand ruhend, indeß die Bilder der Gegenſtände, welche in Bewegung ſind, als Pferde u. ſ. f. gleichfalls in Bewegung erſcheinen. Sie ſehen ferner, daß das Bild eines jeden Gegenſtandes umgekehrt iſt. Dies rührt daher, weil die Lichtſtrahlen ſich untereinander kreuzen, indem ſie durch die Oefnung gehen. Dieſen Augenblick ſcheint die Sonne auf die Oefnung, wie Sie aus dem leuchtenden Strahle ſehen, welcher davon auf die Wand fällt. Wollte nun einer von Ihnen das Auge in dieſen Strahl halten, ſo würde er finden, daß

das Auge, die Sonne, und die Oefnung ſich in einer und der nämlichen geraden Linie befinden. Das nämliche findet bei jedem andern Gegenſtande Statt, welcher auf der Wand abgebildet wird. Die Bilder der Gegenſtände ſind nach Verhältniß kleiner, als ſie ſich entfernter von der Oefnung befinden.

Wir wollen nun einige der vornehmſten Folgerungen betrachten, welche aus dem vorhergehenden Verſuche hergeleitet werden können.

Zuvörderſt ergiebt ſich daraus, daß das Licht ſich in einer geraden Linie bewegt; denn Sie ſahen, daß ihr Auge, das Bild des Gegenſtands und der Gegenſtand ſelbſt allezeit in einer geraden Linie waren. Dies ſiehet man auch aus dem Schatten, welchen dunkle Körper werfen; denn wenn das Licht nicht gerade Linien beſchriebe, ſo würde es keinen Schatten geben; eben ſo deutlich erhellet dies auch daraus, daß das Licht nicht durch gebogene Röhren gehet.

Da nun die Lichtſtrahlen beſtändig in geraden Linien von den leuchtenden Körpern fortgepflanzt werden, ſo werde ich, wenn ich einen Lichtſtrahl darſtellen muß, es vermittelſt einer geraden Linie thun, welche von einem leuchtenden Körper bis zu dem erleuchteten ſich erſtreckt; d. i. ich werde von der Linie, welche der Strahl beſchreibt, reden, als ob ſie der Strahl ſelbſt wäre.

Auch iſt offenbar, daß das Licht beides, aus auf einanderfolgenden und gleichzeitigen Theilen beſtehe, weil man an dem nämlichen Ort dasjenige, welches den einen Augenblick kommt, auffangen und dasjenige gehen laſſen kann, welches darauf folgt, ſo wie man auch zu gleicher Zeit es an irgend einem Orte aufhalten, und an einem andern Orte gehen laſſen kann. Mit andern Worten,

das Licht, welches auf einen Gegenſtand auf einmal in dem nämlichen Augenblicke fällt, iſt gleichzeitig, das Licht hingegen, welches von Zeit zu Zeit fortfährt auf einen Gegenſtand zu fallen, iſt aufeinanderfolgend, oder beſteht aus Theilen, welche auf einander folgen.

Eine zweite Folgerung, welche aus unſerm Verſuche hergeleitet werden kann, iſt: daß ein leuchtender Punkt aus allen Orten, wohin eine gerade Linie gezogen werden kann, ohne auf irgend ein dazwiſchen liegendes Hinderniß zuſtoßen, geſehen werden kann. Dies wird Ihnen einleuchten, wenn Sie Sich erinnern, daß das Gemälde eines Gegenſtands in Bewegung bey dieſem Verſuche ſo lange ſichtbar war, als es ſich in einer Linie mit der Oefnung und der Wand befand.

Es folgt alſo hieraus, daß ein leuchtender Punkt durch irgend eine unbekannte Kraft Strahlen nach allen Richtungen verbreitet, und als der Mittelpunkt einer Lichtkugel angeſehen werden könne, die ihr Licht unbeſtimmt nach allen Seiten ausſtrömet.

Dies wird Ihnen aus Taf. I. Fig. 1. noch deutlicher werden, wo Sie ſehen, daß der Punkt O des Strahls dem Auge in jeder der Lagen A, B, C, D, E, F, G ſichtbar iſt.

Nehmen Sie nun an, daß einige dieſer Strahlen von einer Fläche aufgefangen werden, ſo iſt alsdann der leuchtende Punkt die Spitze einer Pyramide, deren Körper aus den Strahlen beſteht, welche davon abſchießen; die Grundfläche derſelben aber iſt die auffangende Fläche.

Das Bild der Oberfläche eines Gegenſtands auf der Wand iſt gleichfalls die Grundfläche einer Lichtpyramide,

deren Spiße die Oefnung iſt. Die Strahlen, welche dieſe Pyramide bilden, kreuzen ſich an der Oefnung, und bilden hier eine andre Pyramide, wovon die Oefnung wiederum die Spiße, die Oberfläche des Gegenſtands aber die Grundfläche iſt.

Ein Gegenſtand iſt ſichtbar, wenn alle ſeine Punkte leuchtende Punkte ſind. Lichtſtrahlen werden unaufhörlich von jedem phyſikaliſchen Punkte eines Gegenſtands fortgepflanzt, denn auſſerdem würde der ganze Gegenſtand nicht ſichtbar ſeyn; und zwar auf einmal, und bei allen Stellungen des Auges.

Denn wo irgend auch ein Zuſchauer in Rückſicht eines leuchtenden Körpers ſteht, ſo iſt jeder Punkt dieſes Theils der Oberfläche, welche gegen ihn gewendet iſt, ſichtbar: jeder Punkt iſt daher ein leuchtender Punkt, welcher Strahlen nach allen Richtungen ausſchickt; und nur diejenigen Strahlen allein werden in ihrem Wege von einem dazwiſchen liegenden Gegenſtande aufgehalten, welche nach der Vorausſetzung daß die Strahlen ſich in gerader Linie fortbewegen unterbrochen werden.

Eine andere Folgerung, welche Sie machen werden, iſt dieſe, daß die Lichttheilchen unendlich fein ſind: denn die Strahlen, welche von den Punkten aller der Gegenſtände kommen, die der Oefnung gegenüber liegen, gehen durch, ohne ſich zu vermiſchen oder unter einander zu verwirren. Auſſerordentlich fein müſſen ſie ſeyn, da Myriaden ſich auf jede Art bewegen können, ohne an einander zu ſtoßen. Daß dies der Fall iſt, kann man nicht bezweifeln, da verſchiedene Körper, und verſchiedene Theile des nämlichen Körpers zu gleicher Zeit deutlich ſichtbar ſind. Wie wunderbar muß nicht das Gewebe des Auges ſeyn, um alle dieſe ſchwachen Stöße zu empfinden, und zu gleicher Zeit die Stöße von ſo verſchiedenen Gegenſtänden zu unterſcheiden.

Wenn Sie eine Oefnung mit einer Nadel in ein Stück Papier machen, und dadurch ſehen, ſo ſehen Sie alle Gegenſtände, welche vor Ihnen ſind, es mögen deren übrigens noch ſo viele ſeyn; da nun dieſe Gegenſtände, und jeder Punkt dieſer Gegenſtände vermittelſt der Lichtſtrahlen, welche von da zu dem Auge gelangen, ſichtbar werden, ſo können Sie Sich leicht einen Begrif von ihrer auſſerordentlichen Feinheit machen. Wenn ein gewöhnliches Talglicht angezündet, und bei Nachtzeit auf einen hohen Thurm geſetzt wird, ſo kann es rund herum in einer Entfernung von einer halben Meile von dem Thurme geſehen werden: es iſt daher kein Ort innerhalb einer Sphäre von einer Meile im Durchmeſſer, wohin nicht einige Strahlen von dieſer Flamme zu dem Auge gelangen ſollten. Die Lichtſtrahlen gehen ohne Verwirrung durch eine kleine Oefnung in einem Stücke Papier, wenn man verſchiedene Lichter in eine parallele Linie mit dem Papiere ſetzt, und bilden deutliche Bilder auf einem Blatte Pappe, das hinter dem Papiere aufgeſtellt worden.

Jeder Lichtſtrahl führt das Bild des Punkts mit ſich, von welchem er ausfährt.*)

Wenn daher alle Strahlen, welche von irgend einem Punkte kommen, in der nämlichen Ordnung vereiniget werden, in welcher ſie fortgiengen, oder ausgeſchickt wurden, ſo wird eine vollkommne Darſtellung oder ein Bild dieſes Gegenſtands an dem Orte Statt finden, wo ſie ſolchergeſtalt mit Ordnung vereiniget werden.

Eine andre Eigenſchaft der Lichtſtrahlen iſt ihre Zurückbeugung, oder die Beſchaffenheit in das Medium zurückgebogen zu werden, aus welchem ſie kamen. Hierbei folgen ſie dem nämlichen mechaniſchen Geſetze mit allen

*) de la Caille Leçons d' Optique. p. 24.

andern Körpern bei ihren Reflexionen, d. i. der Reflexionswinkel iſt jederzeit dem Einfallswinkel gleich. Die Wahrheit dieſes Satzes kann durch viele Verſuche beſtätiget werden; einer oder zwei derſelben werden indeſſen hinreichend ſeyn. Wir wollen zu unſerm verfinſterten Zimmer wieder zurückkehren, wo ich vermittelſt eines Spiegels von auſſen einen Strahl des Sonnenlichts durch die Oefnung auf dieſen Theil des Fußbodens fallen laſſen will. Wo der Strahl hinfällt, lege ich einen Spiegel, und um den Lichtſtrahl ſichtbarer zu machen erfülle ich das Zimmer mit Staub. Sie ſehen jetzt, daß er zurück in die Luft reflektirt wird, und daß die Neigung des reflektirten Strahls genau die nämliche iſt, wie diejenige des einfallenden Strahls. Dieſes Geſetz erhält durch einen andern leichten Verſuch Beſtätigung, den ich Ihnen in dem nächſten Zimmer zeigen will. Hier iſt ein eingetheilter Halbkreis, in deſſen Mittelpunkt ſich ein kleines Stück von einem Spiegel befindet. Ich ſetze jetzt einen kleinen Gegenſtand auf den eingetheilten Rand des Halbkreiſes, und auf den gegenüberſtehenden Quadranten und genau unter dem nämlichen Winkel ſtelle ich die Diopter. Wenn Sie nun durch die Diopter ſehen, ſo werden Sie den Gegenſtand ſehen, dahingegen Sie, ſo wie die Diopter nur um etwas höher oder tiefer geſtellet wird, keinen Gegenſtand mehr bemerken werden.

Von der Refraktion.

Es giebt noch eine andre Eigenſchaft des Lichts, die Brechbarkeit deſſelben, d. i. die Fähigkeit von ſeinem geraden Gange abgelenket zu werden, indem es in ſchiefer Richtung aus einem Medium in ein anderes von verſchiedener Dichtigkeit übergeht.

Dieſe Brechung iſt gröſser oder geringer, d. i. die Strahlen werden mehr oder weniger ſeitwärts von ihrem Wege abgelenkt, je nachdem das Medium, durch welches ſie gehen, mehr oder weniger dichte iſt. So werden z. B. die Strahlen mehr gebrochen, wenn ſie aus der Luft in Glas übergehen, als aus der Luft ins Waſſer, da Glas, wie Sie wiſſen, dichter als Waſſer iſt; überhaupt je dichter das Medium iſt, um deſtomehr werden die Strahlen gebogen, und nähern ſich einer ſenkrechten Linie, welche man auf die Oberfläche deſſelben herabfallen läſst. Ich meine hier jederzeit ſolche Strahlen, welche ſchief auf ein ſolches Medium fallen, denn diejenigen Strahlen, welche ſenkrecht einfallen, erleiden keine Abweichung, indem die Refraktion blos Statt findet, wenn die Strahlen ſchief auffallen. Sie iſt allezeit um ſo gröſser als ihr Einfall ſchiefer und das Medium dichter iſt. Nachdem er nun ſeine neue Richtung genommen, geht der Strahl unveränderlich in gerader Linie fort, bis er auf irgend ein andres verſchiedenes Medium ſtöſst, wo er wieder aus ſeinem Wege abgebogen wird.

Man nehme ein leeres Becken, und auf dem Durchmeſſer des Bodens bezeichne man Merkmale in einer geringen Entfernung von einander, trage es in ein finſteres Zimmer, und laſſe einen Lichtſtrahl einfallen; wo dieſer nun auf den Fuſsboden hinfällt, daſelbſt ſetze man das Becken, ſo daſs deſſen bezeichneter Durchmeſſer gegen das Fenſter gekehrt iſt, und der Strahl auf das von dem Fenſter entfernteſte Merkmal fallen könne. Wenn dieſes geſchehen iſt, fülle man das Becken mit Waſſer, und Sie werden bemerken, daſs der Strahl, welcher vorher auf das entfernteſte Merkmal fiel, jetzt durch die brechende Kraft des Waſſers von ſeinem geraden Gange abgelenkt werden wird, und nun zwei, drei oder mehrere Merkmale dem Mittelpunkte des Beckens näher fallen wird.

Man mache das Waſſer in dem Becken trübe, doch ſo, daß deſſen Durchſichtigkeit dadurch nicht aufgehoben werde, welches Sie leicht bewerkſtelligen können, wenn Sie einige Tropfen Milch hineingießen, oder einige Gran Bleizucker darin auflöſen; ſodann erfülle man das Zimmer mit Staub, worauf der Lichtſtrahl, ſowohl bei deſſen Durchgange durch die Luft als durch das Waſſer ſichtbar werden wird, und wo ſie ſehr deutlich drei Strahlen werden bemerken können, den einfallenden, welcher, ſo wie er durch die Oefnung kommt, ſchief auf das Waſſer fällt, den zurückgeworfenen von der Oberfläche des Waſſers, welcher einen mit dem einfallenden gleichen Winkel macht, und den gebrochenen, welcher von der Oberfläche, wo er gebogen wurde, in gerader Linie bis zum Boden des Beckens fortgeht. Legt man ein Stück Spiegelglas auf den Boden des Beckens, wo der gebrochene Strahl hinfällt, ſo wird er wieder zurück durch das Waſſer geworfen, und indem er aus dem Waſſer in die Luft übergeht, wird er nochmals refraktirt, oder aus ſeinem Wege abgebogen werden.

Ein anderer, obſchon ſehr gewöhnlicher Verſuch wird Ihnen einen deutlichen Begriff von dem Refraktionsvermögen geben. Legen Sie ein Stück Geld auf den Boden dieſes Beckens und gehen etwas zurück, bis Sie das Stück nicht mehr ſehen. Ich will nun Waſſer in das Gefäß gießen; ſo werden Sie jetzt, da Sie vorher das Stück Geld nicht ſehen konnten, wo es war, es dagegen jetzt ſehen, wo es nicht iſt. Es iſt keineswegs ihr Auge, welches den Ort verändert hat, ſondern der Lichtſtrahl, der aus dem Waſſer zu ihrem Auge kommt, hat eine neue Richtung genommen, und rührt ihr Auge gleichwohl, als ob er von dem Stücke Geld käme. Dieſer Verſuch ſetzt diejenigen allezeit in Erſtaunen, welche die Eigenſchaften des Lichts nicht kennen, da ſie nicht

begreifen können, wie das Füllen des Gefäßes mit Waſſer einen Gegenſtand ſichtbar machen kann, welcher auf dem Boden liegt, und ihnen vorher unſichtbar war, da er von dem Rande des Beckens verdeckt wurde.

Die Vortheile, welche wir aus der Brechung des Lichts ziehen, ſind unſchätzbar; ohne dieſe Eigenſchaft gäben wir den Gläſern vergeblich eine beſtimmte Figur, und Teleſkope und Mikroſkope würden keineswegs exiſtiren. Die Refraktion des Lichts an den Oberflächen durchſichtiger Körper kannten auch ſchon die Alten. Ariſtoteles erwähnet des Problems von der ſcheinbaren Krümmung eines Ruders im Waſſer. Vom Archimedes erzählt man, daß er über die Erſcheinung eines Ringes oder Kreiſes unterm Waſſer geſchrieben habe. Alhazen, der Araber, und Vitellio glaubten, daß die Winkel des Einfalls und der Refraktion in einem gegebenen Verhältniſſe ſtünden; allein da das Verhältniß, welches ſie angaben, bei großen Winkeln fehlerhaft gefunden wurde, ſo wurde dieſer Gegenſtand von den Neuern genauer unterſucht. Kepler machte unter andern dieſerwegen verſchiedene Verſuche, und ob er ſchon ſeinen Entzweck nicht erreichte, ſo wurden doch ſeine Verſuche und Muthmaßungen andern ſehr nützlich. Da nach der Erfindung des Teleſkops dieſer Gegenſtand von ungleich größerm Werth wurde, ſo unterſuchte man ihn genauer und Snellius fand das wahre Verhältniß, ob es ſchon von Deskartes zuerſt bekannt gemacht wurde, daß nämlich die Sinus des Einfalls und der Refraktion (nicht ihre Winkel) in einem gegebenen Verhältniſſe ſtehen.

Bei Erklärung dieſes Gegenſtandes ſowohl als andrer Theile der Optik muß ich zu Figuren meine Zuflucht nehmen, da die Theorie alle ihre Aufmerkſamkeit

erfordern wird; indeſſen hoffe ich, Sie werden die Dornen und Diſteln nicht achten, die auf dem Pfade der Wiſſenſchaften wachſen und die Fortſchritte darauf manchmal erſchweren, denn alles was gut iſt, läßt ſich nur allein durch Mühe erlangen, und nur der Träge und Nachläſſige verachtet Wiſſenſchaften und Tugend.

B C Taf. I. Fig. 2. ſtelle die Oberfläche des Waſſers, oder irgend eines andern durchſichtigen Mediums vor, welches dichter als Luft iſt. A ſey der Punkt des Einfalls, wo jeder Strahl, welcher durch die Luft von F kommt, auf die Oberfläche des Waſſers fällt, und wo er aus ſeinem geraden Gange A K in die Linie A G gebrochen wird. Um A, als einen Mittelpunkt, beſchreibe man mit dem Halbmeſſer A F den Kreis B F C K E. Auf dem Einfallspunkte A errichte man eine ſenkrechte Linie A D, und verlängere ſie herabwärts bis E; von F laſſe man auf die Linie A D die ſenkrechte Linie F H, und von G auf A E die ſenkrechte Linie G I fallen.

Der Winkel F A D, welchen der einfallende Strahl F A mit der ſenkrechten Linie D A macht, iſt der Einfallswinkel und die Linie F H der Sinus des Einfallswinkels F A D.

Der Winkel G A E, welchen der gebrochne Strahl G A mit der ſenkrechten Linie A E macht, iſt der Refraktionswinkel, und die Linie G I der Sinus des Refraktionswinkels.

Der Winkel K A G, welcher zwiſchen der Richtungslinie des einfallenden Strahls, und der Richtung des nämlichen Strahls, nachdem er refrakrirt worden, enthalten iſt, heißt der Abweichungswinkel.

Nach dieſen vorgängigen Erklärungen kann ich nunmehr zu den Refraktionsgeſetzen übergehen, welche durch wiederhohlte Verſuche als allgemein, und ohne Ausnahme beſtätigt worden ſind.

1) Die Winkel der Refraktion und des Einfalls liegen in einer und der nämlichen Fläche, d. i. an der Fläche, wo der einfallende Strahl und das Einfallsloth zuſammentreffen.

2) Die Lichtſtrahlen werden allezeit refraktirt, wenn ſie ſchief aus einem Medium in ein andres übergehen, deſſen Dichtigkeit von derjenigen des erſtern verſchieden iſt.

3) Ein Lichtſtrahl, welcher ſchief auf die Oberfläche eines dichtern Medium fällt, wird gegen das Einfallsloth gebrochen, daß alſo der Refraktionswinkel geringer iſt, als der Einfallswinkel; die Refraktion aus einem dichtern Medium in ein dünneres, als aus Glas in Luft oder Waſſer, geſchieht hingegen abwärts von dem Einfallslothe, daß alſo der Refraktionswinkel größer iſt, als der Einfallswinkel.

4) Wenn ein Lichtſtrahl aus Luft in ein gegebenes Medium, oder aus einem gegebenen Medium in Luft gebrochen wird, ſo iſt der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Refraktionswinkels in einem gegebenen Verhältniſſe; oder mit andern Worten, es giebt ein gewiſſes und unveränderliches Geſetz oder Regel, wornach die Refraktion jederzeit erfolgt, und dieſes iſt: welche Neigung auch irgend ein Lichtſtrahl gegen die Oberfläche irgend eines Mediums hat, ehe er in daſſelbe tritt, ſo wird er doch jederzeit ſo

gebrochen, daß das Verhältniß zwiſchen dem Sinus des Winkels ſeines Einfalls, und demjenigen des Winkels ſeiner Refraktion in dieſem Medium jederzeit das nämliche ſeyn wird.

Wenn daher dieſes Verhältniß bei irgend einer Neigung des einfallenden Strahls bekannt iſt, ſo iſt es auch bei allen Neigungen bekannt, und hierdurch kann die Refraktion in allen Fällen des Einfalls in dem nämlichen Medium beſtimmt werden.

Wenn ein Lichtſtrahl aus Luft in Glas refraktirt wird, ſo iſt der Sinus des Einfalls zum Sinus der Refraktion wie 31 zu 20 oder beinahe wie 3 zu 2; oder aus Luft in Waſſer wie 4 zu 3. Daher iſt der Sinus des Einfalls zum Sinus der Refraktion, wenn ein Strahl aus Waſſer in Glas geht, wie $\frac{3}{4}$ zu $\frac{20}{31}$ oder wie 93 zu 80.

5) Ein Lichtſtrahl kann nicht aus einem dichtern Medium in ein dünneres gehen, wenn der Einfallswinkel eine gewiſſe Gränze überſteigt; d. i. wenn der Sinus des Einfalls ein größeres Verhältniß zum Radius hat, als er zum Sinus der Refraktion hat. Dieſe Geſetze u. ſ. f. gründen ſich auf den Grundſatz, daß das Licht eine homogene Subſtanz iſt, denn ob wir ſchon ſehen werden, daß das Licht aus verſchiedenen Strahlen zuſammengeſetzt iſt, ſo ſind doch die Grundſätze der Brechung u. ſ. f. wahr, wenn ſie auf Strahlen von einer Art angewendet werden.

Ein Lichtſtrahl geht nicht aus Glas in Luft, wenn der Winkel des Einfalls über 40° 11′ beträgt, deſſen Sinus $\frac{20}{31}$ Theile des Radius iſt; oder aus Glas in Waſſer, wenn der Winkel des Einfalls über 59° 20′ ſteigt. Die Brechung wird unter dieſen Umſtänden in eine Zurückwerfung verwandelt.

Ueberhaupt widerſtehen die dichteſten Media der Wirkung des Lichts weniger, als die dünnern, indem der Refraktionswinkel kleiner iſt als der Einfallswinkel. Die dünnſten Media hingegen ſcheinen am wenigſten zu widerſtehen. Es iſt daher als ein Geſetz angenommen worden, daß das Brechungsvermögen der Körper ſich verhält wie ihre Dichtigkeiten, ausgenommen wenn ſie mehr oder weniger ſchweflichte und ölige Theilchen enthalten. Herr Briſſon hat nämlich in den Memoiren der Akademie der Wiſſenſchaften vom Jahr 1777 gezeigt, daß die brechende Kraft brennbarer Körper mit einander verglichen, dem Verhältniſſe ihrer Dichtigkeiten nicht folgt.

6) Jede Refraktion iſt gegenſeitig. Wenn ein Lichtſtrahl beim Durchgange aus einem Medium in ein andres gebrochen wird, ſo wird alsdenn, wenn dieſer Strahl wieder zurückkehrte, derſelbe genau um eben ſo viel in entgegengeſetzter Richtung gebrochen werden: oder wenn der refraktirte Strahl zum einfallenden Strahle wird, ſo wird alsdenn der einfallende Strahl der refraktirte werden.

Wenn der Einfallswinkel vergrößert wird, ſo wird auch der entſprechende Refraktionswinkel größer. Wenn zwei Einfallswinkel einander gleich ſind, ſo werden es auch die Refraktionswinkel ſeyn. Auf gleiche Art wird, wenn der eine vermindert wird, auch der andre geringer; ſo daß, wenn einer dieſer Winkel unendlich klein wird, es auch gleichfalls der andre wird.

Die Richtung eines Strahls wird nicht verändert, wenn er ſich durch ein Medium bewegt, welches zwei gegen einander parallele Oberflächen hat; denn eben ſo viel als er gegen die eine Seite bei ſeinem Eintritte gebogen wird, genau eben ſo viel wird er auch auf die andere Seite gebogen, wenn er aus dieſem Medium herausgeht.

So lange ein Strahl in einerlei gleichförmigen Medium verweilt, verändert er ſeine Richtung nicht.

Von der Stärke und Intenſität des Lichts.

In einem freien Medium iſt die Stärke und Intenſität des in parallelen Strahlen fortgepflanzten Lichts jederzeit die nämliche.

Denn in einem ſolchen Medium iſt nichts, was ſeinen Fortgang hindern, ſeine Wirkſamkeit ſchwächen, ſeine Geſchwindigkeit aufhalten, oder ſeine Richtung abändern könnte.

In einem freien Medium ſind die Stärke und Intenſität des Lichts, welches durch Strahlen fortgepflanzt wird, die aus einerlei Punkte kommen, im umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen von dieſem Punkte. Dies ergiebt ſich aus den Grundſätzen der Geometrie, und ich werde es Ihnen auch bald durch Verſuche beweiſen.

Es bedarf indeſſen kaum dieſes Beweiſe durch Verſuche; denn da das Licht von einem Mittelpunkte ausſtrahlt, ſo muß ſeine Dichtheit abnehmen, wie es bei allen Strahlen der Fall iſt, welche aus einem Mittelpunkte kommen; d. i. es muß nothwendigerweiſe ſchwächer und ſchwächer werden, da die Strahlen ſich ununterbrochen, ſo wie ſie weiter fortgehen, in einem größern Raum verbreiten, und zwar nach dem Verhältniſſe der Quadrate ihrer Entfernung von dem Körper; d. i. bei einem Abſtande von einem doppelten Raume werden ſie viermal ſchwächer, oder minder dicht

ſeyn, als ſie es bei einem waren, u. ſ. f. weil ſie ſich auf eine doppelte Art verbreiten, oberwärts, unterwärts und ſeitwärts.

Wenn das Licht, welches von einem Punkte ausgeht, und durch ein viereckiges Loch, wie bcde Taf. I. Fig. 3. bringt, auf eine Fläche BCDE fällt, die mit der Fläche der Oefnung parallel iſt, und der Abſtand AB doppelt ſo groß als Ab iſt, ſo wird die Länge und Breite des Schattens BD das Doppelte der Länge und Breite der Fläche bd ſeyn, oder das Dreifache, wenn AB das Dreifache von Ab iſt, u. ſ. f. Dies läßt ſich ſehr leicht beweiſen, wenn man ein Licht bei A hinſtellet.

Leuchtende Körper, oder ſolche, welche vermittelſt ihres eigenen Lichts ſcheinen, ſind daher ungleich heller als dunkle Körper, welche von jenen erleuchtet werden; denn dunkle Körper zerſtreuen das Licht, welches auf ſie fällt, nach allen Richtungen: daher verhält ſich, angenommen daß alles Licht reflektirt werde, die Menge, welche das Auge von einem dunkeln Körper empfängt, verglichen mit der Menge des von dem leuchtenden Körper empfangnen, blos wie die ſichtbare erleuchtete Oberfläche des dunkeln Körpers zu der Oberfläche einer Halbkugel, deren Halbmeſſer die Entfernung des dunkeln Körpers von dem Auge iſt; vorausgeſetzt, daß die Breite der Pupille in beiden Fällen einerlei, und daß die Summe der Entfernungen des dunkeln Körpers von dem Auge und von dem leuchtenden Körper von dem geraden Abſtande des leuchtenden Körpers vom Auge wenig unterſchieden iſt.

Daher iſt das Licht des Vollmonds, ins Mittel gerechnet, ohngefähr 300,000 mal ſchwächer oder dünner, als das Licht der Sonne wenn ſie ſich in der nämlichen Höhe über dem Horizonte befindet, und alle übrigen Umſtände die nämlichen ſind, wie ſogleich aus der Vergleichung

der ſcheinbaren Scheibe des Monds zu der Oberfläche einer Halbkugel erhellet.

Man hat ſehr genaue Verfahrungsarten, um die Intenſität des Mondlichts zu beſtimmen, allein ich übergehe ſie, weil ſie zu verwickelt ſind *). Folgende Betrachtung iſt indeſſen eines jeden Faſſungsvermögen angemeſſen: Wenn der Mond am Tage ſichtbar iſt, ſo iſt ſein Licht beinahe gleich demjenigen der lichten dünnen Wolken, ſo daß er nur ſchwer davon zu unterſcheiden iſt. Sein Licht bleibt während der Nacht das nämliche; allein da in Abweſenheit der Sonne die Oefnung der Pupille des Auges ſich erweitert, ſo wird es jetzt deutlicher.

Hieraus folgt, daß wenn jeder Theil des Himmels mit der Mondſcheibe von gleicher Helle wäre, ſo würde das dadurch entſtehende Licht eben daſſelbe ſeyn, als wenn bei Tage der Himmel mit den vorhin erwähnten dünnen Wolken bedeckt wäre. Dieſes Tageslicht verhält ſich aber zu dem Mondlichte, wie die ganze Oberfläche der ſichtbaren Halbkugel zur Oberfläche des Monds, d. i. beinahe wie 90,000 zu 1.

Wir kennen kein Medium, welches frei, oder vollkommen durchſichtig wäre; ſelbſt die Luft, als das dünnſte und durchſichtigſte, was wir kennen, iſt voller dunkler Theilchen, welche dem freien Laufe des Lichts hinderlich ſind. Dies ſieht man daraus, daß ein durch eine geringe Oefnung in ein Zimmer gelaſſener Lichtſtrahl,

---

*) Ueber die Stärke des Lichts hat beſonders Lambert in ſeiner Photometria am vollſtändigſten gehandelt. In Prieſtleys Geſchichte der Optik, die ich bereits angeführt habe, wird man indeſſen ſehr lehrreiche Auszüge aus Bouguers und Lamberts Schriften hierüber haben. G.

gleich einem leuchtenden Kegel in jedem Theile des Zimmers erſcheint. Hieraus ergiebt ſich aber, daß das ganze Licht nicht vorwärts in ſeinem geradlinichten Laufe geht, ſondern daß in jedem Punkte des Medium, wodurch es geht, ein Theil davon irgendwohin reflektirt wird; denn die Sichtbarkeit des leuchtenden Kegels wird durch dieſe Reflexion hervorgebracht. Das mindere Leuchten der Sonne und des Monds, wenn ſie nahe am Horizonte, als wenn ſie höher ſtehen, zeigt gleichfalls, daß ihr Licht auf mehrere Hinderniſſe ſtößt; der Strich von Luft und Dünſten iſt nämlich in dem einen Falle größer als in dem andern. Der Verluſt des Lichts, wenn es durch Glas geht, iſt noch größer.

Da die Oberfläche ſowohl durchſichtiger als dunkler Körper meiſtentheils uneben iſt, ſo folgt nothwendigerweiſe, daß eine große Menge Licht ſelbſt von den durchſichtigſten Körpern zerſtreut wird, indem einiges reflektirt, andres durch ihre unebnen Oberflächen gegen verſchiedene Theile gebrochen wird, während die übrigen Strahlen mit einer gewiſſen Gleichförmigkeit gebrochen und zurückgeworfen werden. Dies erklärt, warum eine Perſon, welche durch Waſſer ſieht, zu gleicher Zeit ihr eigenes Bild erblicket; auch zeigt es, warum in der Dämmerung die Möbeln eines Zimmers durch die Reflexion eines Fenſterglaſes geſehen werden können, indeß man zugleich die Objekte ſieht, welche ſich auſſerhalb befinden.

Die Menge Licht, welche in einem Lichtbüſchel enthalten iſt, vermindert ſich immer mehr, je größer die Entfernung von dem leuchtenden Punkte iſt. Dieſe Verminderung iſt größer oder geringer, je nach dem größern oder geringern Grade von Dunkelheit in dem Medium, wodurch es geht.

Dies macht es unmöglich, die verſchiedenen Verhältniſſe der Dichtigkeit des Lichts in verſchiedenen Abſtänden von dem leuchtenden Punkte genau zu beſtimmen; allein in allen Fällen iſt die Abnahme der Dichtigkeit des Lichts größer, als die Quadrate der erwähnten Entfernungen. Dies iſt auch der Grund, warum Objekte weniger helle erſcheinen, je entfernter ſie von dem Zuſchauer ſind.

Wenn keiner von den Strahlen während ihres Durchgangs aufgefangen würde, ſo würde der Grad der Helligkeit des Gemäldes eines Gegenſtands auf der Netzhaut in allen Entfernungen zwiſchen dem Auge und dem Gegenſtande derſelbe ſeyn, vorausgeſetzt daß die Oefnung der Pupille des Auges dieſelbe bleibt. Denn in dieſem Falle würde die Größe des Gemäldes auf der Netzhaut, und die Dichtigkeit des Lichts zuſammen in demſelben Verhältniſſe wachſen oder abnehmen, nämlich gegenſeitig wie das Quadrat der Entfernungen des Auges von dem Gegenſtande. Die Dichtigkeit des Lichts auf der Netzhaut würde daher unveränderlich in jeder Entfernung ſeyn. Wenn z. B. das Auge ſich dem Gegenſtande um die Hälfte nähert, ſo wird das Gemälde auf der Netzhaut das Vierfache, und die Menge Licht, welche von dem Gegenſtande durch die nämliche Oefnung der Pupille bei der Hälfte der Entfernung gelanget, iſt gleichfalls das Vierfache; da nun dieſes gleichmäßig viermal über die Oberfläche der Netzhaut verbreitet wird, ſo iſt das Licht genau ſo dichte als vorher, wo der Gegenſtand noch einmal ſo weit entfernt war.

Leuchtende Körper, welche im Finſtern ſcheinen, als Lampen, oder Fackeln u. ſ. f. ſenden bis zu ſehr großen Entfernungen ungleich mehr Licht, als in dieſem Falle zum Sehen erforderlich iſt: und obſchon ihr Licht je weiter es ſich verbreitet wegen der Ungleichartigkeit des Medium eine fortdaurende Verminderung erleidet, ſo wird doch,

da noch immer mehr zurück bleibt, als zum Sehen nöthig iſt, ihr Glanz durch Verminderung oder Vergrößerung ihrer Entfernung nicht merklich vermehrt oder vermindert.

Licht wird nicht nur durch Reflexion von Körpern, auf welche es ſtößt, aus ſeinem Wege abgelenkt, ſondern ein großer Theil davon wird auch ſehr häufig erſtikt, oder gleichſam von ihnen ſelbſt vernichtet; denn es iſt bekannt, daß ſchwarze oder dunkle Körper ungleich weniger Licht reflektiren, als andre von lichtern Farben, ja es iſt ſogar ſehr wahrſcheinlich, daß kein Körper alles Licht reflektirt, welches er erhält.

Das Vermögen des Auges Gegenſtände ohne Unbequemlichkeit bei verſchiedenen Mengen von Licht zu unterſcheiden, iſt ſehr groß; denn nicht nur Gegenſtände von verſchiedenen Farben ſieht man bei einerlei Licht mit gleicher Leichtigkeit, ſondern ſelbſt ſo kleine Gegenſtände, wie die Buchſtaben in einem Buche ſind, können bei einem hellen Mondlichte unterſchieden und geleſen werden. Nehmen wir nun an, daß die Oberfläche der Pupille des Auges bei einem ſchwachen Lichte zehnmal größer ſey, als bei einem ſtarken, ſo überſteigt doch das Verhältniß des ſchwächſten Lichts zum ſtärkſten, bei welchem das Auge bequem Gegenſtände ſehen kann, vielleicht kaum dasjenige von 1 zu 10,000. Wie auſſerordentlich groß ſind nicht unſre Kräfte!

Die Erfahrung zeigt, daß Gegenſtände um ſo dunkler erſcheinen, je entfernter ſie ſind, und endlich ganz aufhören ſichtbar zu ſeyn: dieſe Dunkelheit entſteht von dem Durchgange der Lichtſtrahlen durch die Luft, ein Medium, welches dichte und unrein genug iſt, um ſie in einem hohen Grade zu hindern, und eine große Menge in dem Zwiſchenraume von dem Auge bis zum Gegenſtande zu zerſtreuen. Die Verſuche und die Berechnung des Herrn

Bouguer zeigen, daß der hundertſte Theil des Lichts bei 189 Klaftern horizontaler Entfernung verlohren gehe; daß 7469 Klaftern Länge, oder ohngefähr $3\frac{1}{4}$ Meilen ein Drittheil des Lichts zerſtreuen, und daß die Gegenſtände endlich aufhören ſichtbar zu ſeyn, weil die Bilder wegen ihrer Verminderung an Größe und Licht nicht im Stande ſind, einen hinreichenden Eindruck auf das Auge zu machen.

Bouguer hat durch eine Berechnung, die ſich auf Verſuche gründet, gezeigt, daß von 10,000 aus einem Stern ausfahrenden Strahlen, weil ſie durch die Atmosphäre gehen müſſen, nicht mehrere zu unſerm Auge gelangen, als in folgender Tafel angegeben worden ſind.

Grade der ſcheinb. Höhe.	Anzahl der Strahlen.	Grade der ſcheinb. Höhe.	Anzahl der Strahlen.	Grade der ſcheinb. Höhe.	Anzahl der Strahlen.
0	5	8	2423	20	6613
1	47	9	2797	35	6963
2	192	10	3149	40	7237
3	454	11	3472	50	7624
4	802	12	3773	60	7866
5	1201	15	4551	70	8016
6	1616	20	5474	80	8098
7	2031	25	6136	90	8123

Herr Bouguer hat auch durch Verſuche gezeigt, 1) daß das Licht der Sonne ohngefähr 300,000 mal ſtärker als das Licht des Vollmonds iſt, wenn er ſich in der mittlern Entfernung von der Erde befindet.

2) Daß das Licht der Sonne nicht mehr merklich iſt, wenn es 1000,000,000,000 mal vermindert worden, und daß folglich ein Körper vollkommen dunkel iſt, wenn er blos einem 1000,000,000,000ſten Theil des Sonnenlichts durchzugehen geſtattet.

Von den Bildern und Brennpunkten.

Wegen der auſſerordentlichen Feinheit der Atomen des Lichts iſt es klar, daß ein einzeler Strahl, oder ſelbſt eine geringe Menge von Strahlen keinen merklichen Eindruck auf das Organ des Geſichts machen kann, deſſen Fibern ſehr grob ſind, wenn ſie mit den Strahlen des Lichts verglichen werden, und daß nothwendig eine große Menge Lichtſtrahlen von demſelben Punkte oder Theile der Oberfläche des Körpers ausgehen muß, um dieſen Theil ſichtbar zu machen. — Da nun die Lichtſtrahlen, welche von dem nämlichen Punkte ausgehen, ſich immer weiter von einander entfernen, je weiter ſie ſich erſtrecken, ſo iſt es zu verſchiedenen Abſichten erforderlich entweder ſie näher an einander zu bringen, und mit einander in einem Punkte zu vereinigen, oder ſie von einander zu trennen.

Durch den Beiſtand von Gläſern ſind wir im Stande, eine große Menge von Strahlen, welche von demſelben Punkte eines Gegenſtands ausfahren, in einen merklichen Punkt zu vereinigen. Die ſolchergeſtalt in einen Punkt vereinigten Strahlen machen ein Bild von dieſem Punkte des Gegenſtands, von welchem ſie entſtehen. Dieſes Bild iſt, nach dem Verhältniß als mehrere Strahlen vereinigt ſind, heller, und nach dem Verhältniß, als die Ordnung, in welcher ſie ausgehen, während ihrer Vereinigung genauer erhalten wird, deutlicher. Setzt man nun eine polirte und weiße Fläche an den Ort ihrer Vereinigung, ſo werden Sie dieſes Bild mit allen ſeinen ihm eigenen Farben abgemahlt ſehen, wenn kein fremdes hinzukommendes Licht es ſtört, und undeutlich macht.

Der Punkt, wo die Lichtſtrahlen vermittelſt einer Glaslinſe oder eines Spiegels geſammelt und vereinigt werden, heißt der Fokus oder **Brennpunkt** dieſes

Glaſes oder Spiegels. Wenn eine wirkliche Vereinigung Statt findet, ſo heißt der Fokus ein wahrer, oder ſchlechthin Fokus: er iſt der Ort, wo das Bild des Gegenſtands entworfen und von hier aus fortgeht, um ein andres Bild in dem Auge zu machen, als ob es der wahre Gegenſtand ſelbſt wäre. Wenn dieſer Vereinigungs-punkt nichts mehr iſt, als ein Punkt, wohin die Strahlen in der neuen Richtung, die ihnen gegeben worden iſt, ſtreben, aber nicht wirklich vereiniget werden, ſo heißt dieſer Punkt ein eingebildeter Fokus. Er iſt gleichfalls der Ort, wo der Gegenſtand wirklich zu ſeyn ſcheint, wenn verſchiedene der Strahlen, welche zerſtreut wurden, in hinreichender Menge in das Auge dringen, um ein merkliches Bild des Gegenſtands zu machen. Denn ein Gegenſtand ſcheint jederzeit an demjenigen Ort zu ſeyn, woher ſeyn Licht zum Auge zu kommen ſcheint.

Da jeder Strahl das Bild des Gegenſtands mit ſich führt, woher er kommt, ſo folgt, daß, wenn die Strahlen, nachdem ſie einander gekreuzt und bei ihrem Durchſchnitte ein Bild gemacht haben, nach ihrer Reflexion oder Refraktion wieder vereiniget werden, ſie ein neues Bild machen; und ſo fort, ſo lange als ihre Ordnung nicht geſtört wird. Wir können daher ſolchergeſtalt Bilder von einerlei Gegenſtande ſo oft darſtellen, als wir die fortlaufenden Strahlen, ohne ſie zu verwirren, vereinigen können.

Ferner folgt, daß, ſo lange als blos auf den Fortgang der Lichtſtrahlen Rückſicht genommen wird, das Bild als der Gegenſtand, und der Gegenſtand als das Bild angeſehen werden kann; und ſelbſt ein zweites Bild, als ob das erſte der eigentliche Gegenſtand geweſen wäre, u. ſ. f.

Die Lichtſtrahlen können in Beziehung auf einander verſchieden beſchaffen ſeyn, und als parallel, divergirend oder konvergirend angeſehen werden.

Die Strahlen ſind parallel, wenn ſie immer einerlei Abſtand von einander behalten.

Diejenigen Strahlen, welche beim Fortgehen von einem Punkte beſtändig von einander weichen, heißen divergirende Strahlen.

Solche Strahlen heißen konvergirend, welche, wenn ſie von verſchiedenen Theilen ausgehen, in ihrem Fortgange ſich einander immer mehr nähern, und ſich in einem Punkte zu vereinigen ſtreben.

Wenn zwei Media einander berühren, ſo müſſen ihre Oberflächen entweder flach, oder konvex oder konkav ſeyn; und die Strahlen, welche durch dieſe Media gehen, können entweder als parallel, konvergirend oder divergirend angeſehen werden. Wir wollen jetzt die Wirkungen näher unterſuchen, welche von dieſen verſchiedenen Umſtänden herrühren. Unter konvexen und konkaven Oberflächen will ich indeſſen blos ſphäriſche verſtanden wiſſen.

Von der Refraktion auf einer ebenen Oberfläche.

1. Fall. Wenn einfallende parallele Strahlen ſchief von einem dünnen in ein dichtes Medium übergehen, welches eine ebene Oberfläche hat.

Um die Verſuche für dieſen, und viele andre Theile der Optik anzuſtellen, bediene ich mich desjenigen Theils des Sonnenmikroſkops, welcher den Spiegel trägt, und

befeſtige ihn, wie im gegenwärtigen Falle, an einem Fenſterladen. In einem verfinſterten Zimmer kann ich dann die Sonnenſtrahlen in das Zimmer werfen, und ſie durch das zum Mikroſkope gehörige Rohr gehn laſſen. Auf dieſe Art kann ich ſie parallel, konvergirend oder divergirend machen, je nachdem ich eine Linſe dazu anwende.

Die Linſe, welche ſich gegenwärtig in dem Rohre befindet, macht den Strahlenpinſel, welcher davon ausfährt, zilindriſch; dieſer Pinſel fällt, ſo wie der Spiegel gewendet wird, ſchief auf die Seiten dieſer Büchſe oder Vorrichtung Taf. I. Fig. 5. die von Glaſe ſind; jedes Ende hat eine kreisförmige Oefnung, um gelegentlich ein Uhrglas einzuſetzen, welches entweder mit der konvexen oder konkaven Seite auswärts geſtellet wird; die Büchſe iſt waſſerdichte, und mit einem Hahne verſehen um ſie leicht vom Waſſer leer zu machen.

Der Lichtſtrahl (bei A Taf. I. Fig. 6.) welcher in die mit Waſſer gefüllte Büchſe tritt, wird gegen B refraktirt, und bildet hier auf dieſem, an die Seite der Büchſe gelegten Blatte, einen lichten Kreis, der genau von gleicher Größe iſt, wie derjenige, wo er in die Büchſe (bei A) trat. Nimmt man das Blatt weg, und läßt den Lichtſtrahl in die Luft fortgehen, ſo ſehen Sie, daß es in einer Richtung geſchieht, die mit dem einfallenden Strahle genau parallel iſt, und daß er ſeiner ganzen Länge nach einerlei Größe hat.

Die zwei Lichtbüſchel EA, EA, gehen nachdem ſie durch Refraktion näher gegen die ſenkrechte Linien pp, pp, gebogen worden, parallel mit einander fort; auch nachdem ſie nochmals gebrochen worden, und ſich von der ſenkrechten Linie sp, sp, entfernet haben, werden Sie finden, wenn Sie den Abſtand zwiſchen ihnen meſſen, daß ſie noch immer parallel fortlaufen.

Hieraus folgt, daß einfallende parallele Strahlen, wenn ſie ſchief aus der Luft in eine Maſſe Waſſer gehen, die eine ebene Oberfläche hat, ihren Parallelismus beim Eintritte und Austritte aus dem Waſſer behalten. Das nämliche findet auch bei andern Medien Statt, welche zwar an Dichtigkeit verſchieden, allein nur mäßig dick ſind, wie bei unſerm gegenwärtigen Verſuche.

Dies kann auch ferner durch Taf. I. Fig. 4. erläutert werden. ABCD ſey ein dichtes Stück Glas mit zwei parallelen Oberflächen AB, CD, und der einfallende Strahl EF werde nach FG refraktirt; ſo wird alsdann FG von der zweiten Oberfläche nach GH, parallel mit EF, oder in der nämlichen Richtung wie EF gebrochen werden, weil der Winkel bei F dem Einfallswinkel bei G gleich iſt; daher wird auch der Einfallswinkel bei F dem Refraktionswinkel bei G gleich ſeyn.

2. Fall. Wenn konvergirende einfallende Strahlen aus einem dünnen in ein dichtes Medium übergehen, und von dieſem wieder in das nämliche dünne Medium.

Zu dieſem Verſuche lege ich in das Rohr eine Linſe, die etwas konvexer iſt, als vorher angewendet worden, ſo daß der Lichtbüſchel, welcher aus dem Rohre geht, jetzt die Geſtalt eines langen Kegels annimmt, deſſen Grundfläche die Linſe iſt.

Ich fülle die Büchſe mit Waſſer, und halte ſie ſo gegen das Licht, daß die Seite AB (Taf. I. Fig. 7.) gegen die Axe des Kegels ſenkrecht iſt, und die Spitze oder das Ende des Kegels die andere Seite BC der Büchſe erreicht.

Jetzt leere ich die Büchſe vom Waſſer, wo dann der Lichtkegel merklich kürzer wird, und ſich bei E zu endigen ſcheint. Bringt man die Büchſe näher gegen das Fenſter,

ſo daß die Spitze des Kegels über die entfernter Seite BC hinausreichen kann, ſo iſt der Kegel nicht mehr von einer regelmäßigen Geſtalt, wie man bei FG ſieht.

Dieſer Verſuch zeigt, daß die Lichtſtrahlen nicht ſo bald konvergiren, wenn ſie aus einem dünnen Medium in ein dichteres übergehen; und daß ſie hingegen früher konvergiren, als ſie auſſerdem thun würden, wenn ſie aus einem dichten in ein dünnes Medium übergehen. Mit andern Worten, wenn konvergirende Strahlen aus einem dichten in ein dünnes Medium gehen, ſo werden ſie weniger konvergirend, allein ihre Konvergenz wird vergrößert, wenn ſie aus einem dichten in ein dünnes Medium treten.

Solchergeſtalt werden Taf. I. Fig. 18. die zwei konvergirenden einfallenden Strahlen ad, bc, welche ſich bei e treffen würden, gegen die ſenkrechte Linie von der refraktirenden Oberfläche IH gebogen, und gehen daher nach E.

Auf gleiche Art werden die konvergirenden Strahlen Ig, fg, welche auf IH fallen, nach h, h refraktirt, anſtatt fortzugehen, und bei I zuſammen zu ſtoßen: im Gegentheil werden im Fortgange von der refraktirenden Oberfläche KL die Strahlen gh, gh, von der ſenkrechten Linie refraktirt, und ſtoßen daher früher bei K zuſammen, als es auſſerdem geſchehen ſeyn würde: die Strahlen werden daher zweimal, allein in entgegengeſetzten Richtungen gebogen, einmal bei h, h, das andremal bei g, g.

3. Fall. **Wenn einfallende divergirende Strahlen in ein dichtes oder dünnes Medium treten.**

Nachdem wieder alles ſo eingerichtet worden, wie in dem letztern Verſuche, halte ich nun die Seite der leeren Büchſe AD Taf. I. Fig. 8. gegen den Lichtkegel, um mit

der Spitze des Kegels G zuſammen zu ſtoßen, von wo aus ſie zu divergiren anfangen und bis BC fortgehen, und einen andern, dem erſteren gerade entgegengeſetzten Kegel zu bilden, indem ſie auf eine weiße, ohngefähr vier Zoll von der andern Seite der Büchſe entfernt geſtellte Wand fallen. Ich meſſe jetzt dieſen Kegel, und fülle ſodann die Büchſe mit Waſſer, wo der Kegel nunmehr eine unregelmäßige Geſtalt erhält; die Grundfläche auf der Wand iſt etwas größer, als ſie vorher war, bei BC aber iſt er nicht ſo groß wie vorher.

Aus dieſem ſchließen wir, daß divergirende Strahlen weniger divergirend werden, wenn ſie aus einem dünnen in ein dichtes Medium übergehen; und daß hingegen ihre Divergenz bei ihrem Uebergange aus einem dichten in ein dünnes Medium vermehrt werde.

Wir wollen jetzt die Figur (Taf. 1. Fig. 18.) betrachten, wo die divergirenden Strahlen kh, kh, wenn ſie auf die brechende Oberfläche LK fallen, nicht gerade gegen GG fortgehen, ſondern gebrochen werden, ſich der ſenkrechten Linie nähern, und gegen g und g gehen, mithin ſolchergeſtalt weniger divergiren.

Wenn ſie im Gegentheil aus dem dichten Medium gehen, werden ſie refraktirt, und gehen gegen l und f, welches ſie mehr divergirend macht, indem ſie zweimal bei h und g gebogen werden, und ſolchergeſtalt einen unregelmäßigen Kegel bilden.

Daher iſt das Bild eines kleinen unter Waſſer geſetzten Gegenſtandes der Oberfläche um den vierten Theil näher als der Gegenſtand ſelbſt. Aus gleichem Grunde iſt der Boden eines Teichs um den dritten Theil tiefer, als er oberwärts dem Zuſchauer zu ſeyn ſcheint. Ein Gegenſtand bei E Taf. 1. Fig. 18 würde bey e erſcheinen. Dies kann denjenigen unter Ihnen, welche keine

Schwimmer ſind, zu einer Warnung dienen und Sie abhalten, ſich in ein unbekanntes Waſſer zu ſtürzen.

Wenn Sie einen Stock ſenkrecht ins Waſſer tauchen, bis der eingetauchte Theil von gleicher Länge mit dem Theile oberhalb erſcheint, und alsdann die Theile meſſen, ſo werden Sie finden, daß ſie ſich zu einander verhalten, wie ohngefähr 4 zu 3.

Daher erſcheint auch ein Fiſch höher zu ſchwimmen, als wirklich der Fall iſt, ſo daß, wenn man darnach ſchießt, man auf dieſen Geſichtsbetrug Rückſicht nehmen muß, wenn man ſeinen Gegenſtand nicht verfehlen will.

Wenn alle Theile eines in einiger Tiefe unter dem Waſſer geſehenen Gegenſtandes gleichmäßig verſetzt oder geſtellt würden, ſo würde das Bild davon dem Gegenſtande genau ähnlich ſeyn, den es vorſtellt; denn die Figur hängt von der gegenſeitigen Lage der Theile ab, welche durch eine, dem Ganzen gemeinſchaftliche Bewegung nicht verändert wird. Allein dies iſt nicht der Fall, wenn der Gegenſtand unter Waſſer von beträchtlicher Größe iſt; denn diejenigen Strahlen, welche von den Enden kommen, die am entfernteſten von dem Auge liegen, fallen ſchiefer auf die Oberfläche der Luft, werden alſo mehr gebrochen, und nähern ſich zu ſehr der refraktirenden Oberfläche um das Bild völlig gleichförmig mit dem Gegenſtande darzuſtellen. So ſieht ein Auge bei K Taf. I. Fig. 18. wenn es auf dem Boden des Waſſers eine gerade Linie gcdcg betrachtet, nicht blos die ganze Linie überhaupt näher als ſie dem Auge wirklich iſt, ſondern auch, da die Enden gg näher zu ſeyn ſcheinen, als die übrigen Theile dc, gekrümmt. So ſcheint eine gerade bleierne Röhre am Boden des Waſſers gekrümmt, und der Boden eines flachen Beckens in der Mitte tiefer als an den Seiten.

Sehr tiefe dichte Media machen, daß die Objekte größer erſcheinen, als ſie wirklich ſind; ſo ſcheint ein Fiſch, eine Pflanze, ein Stein ꝛc. im Waſſer größer, als nachdem ſie herausgenommen worden. Um dieſes deutlich einzuſehen, nehme man an, daß g, g Taf. 1. Fig. 18. die Enden eines Gegenſtandes ſind, der am Boden des Waſſers vermittelſt der Strahlen gh, gh, geſehen werde. Ein Auge, welches in K ſich befindet, urtheilet von der Größe des Gegenſtands nach dem Winkel GKG, welcher größer iſt als gKg; und eben dies iſt der Fall in Rückſicht eines jeden andern Theils des Gegenſtands, welcher durch ein dichteres Medium geſehen wird, als die Luft iſt.

Dies iſt alſo der Grund, warum Gegenſtände, die in einem Medium geſehen werden, das von dem, wo der Zuſchauer ſich befindet, verſchieden iſt, insgemein etwas verdreht erſcheinen.

Von der Refraktion auf einer konvexen Oberfläche.

1) Wenn parallele Strahlen aus einem dünnern in ein dichteres Medium übergehen, deſſen Oberfläche konvex iſt.

Ehe wir weiter einige Verſuche machen oder darüber räſonniren, muß ich Ihnen die Bemerkung mittheilen, daß Linien, welche von dem Mittelpunkte einer ſphäriſchen Oberfläche gezogen werden, von den Mathematikern jederzeit als ſenkrecht auf dieſe Oberfläche angeſehen werden, und daß die Winkel, die ſie mit den Einfallswinkeln machen, die Neigungswinkel ſind. Das Licht alſo, welches in ein dichteres Medium übergeht, wird ſolchergeſtalt refraktirt, daß es ſich der ſenkrechten Linie nähert, oder der Linie, welche von dem Mittelpunkte der Oberfläche zum Einfallspunkte gezogen worden. Strah-

len hingegen, die aus einem dichten Medium in ein dünnes übergehen, entfernen ſich von eben dieſer Oberfläche.

Ich ſetze die gläſerne Büchſe ſo, daß der Lichtbüſchel gerade auf das konvexe Glas am Ende fällt, und Sie ſehen, daß ſobald als ich Waſſer in die Büchſe gieße, die Strahlen konvergiren, und in einem Punkte zuſammenſtoßen, ſo daß parallele Strahlen in dieſem Falle konvergirend werden; ein Umſtand, welcher natürlicher Weiſe aus den Geſetzen der Refraktion folgt (man ſehe Taf. 1. Fig. 9.); denn die parallelen Strahlen hi, fg, Taf. 1. Fig. 19. welche ſchief auf die konvexe refraktirende Oberfläche g, E, i, fallen, werden gegen die ſenkrechten Linien ic oder gc gebogen, (da dieſe Linien die Einfallslothe zu den Punkten der konvexen Oberfläche ſind, auf welche die zwei gegebenen Strahlen fallen), und ſtreben, ſich an der Axe AB zu vereinigen. Auch werden Sie bemerken, daß diejenigen Strahlen, welche am entfernteſten von der Axe ſind, ſich bei Punkten vereinigen, die der refraktirenden Oberfläche am nächſten liegen. So fällt der Strahl hi auf die Axe bei k; allein der Strahl de trift nicht eher darauf, bis er bei D anlangt; daher können alle diejenigen, welche nicht zu entfernt von der Axe ſind, als in einem Punkte vereiniget betrachtet werden.

2) **Wenn konvergirende Strahlen, welche aus einem dünnen Medium kommen, auf die konvexe Oberfläche eines dichtern Medium fallen.**

Ich bringe die Büchſe wie vorher mit dem konvexen Glaſe gegen den Lichtſtrahl, allein ſolchergeſtalt, daß der konvergirende Punkt des Pinſels oder Büſchels genau auf den Mittelpunkt A Taf. 1. Fig. 10. der Konvexität fällt. Nun gieße ich Waſſer in die Büchſe, und Sie werden finden, daß ſich die Lage dieſes Punkts nicht verändert, weil kein ſchiefer Einfall Statt findet.

Wir wollen nun auch die Wirkung mit zwei andern Lichtkegeln verſuchen, deren einer ſich bei b Taf. 1. Fig. 11. der konvexen Oberfläche näher als ihrem Mittelpunkte endigt, der andre aber jenſeits dem Mittelpunkte der Konvexität bei c Taf. 1. Fig. 12. Merken Sie ſich genau den Ort, wo der Kegel in jedem dieſer Fälle ſich endiget, wenn noch kein Waſſer in der Büchſe befindlich iſt, füllen Sie ſodann die Büchſe mit Waſſer, und bemerken den Unterſchied in jedem Falle. Jetzt werden Sie den erſten Kegel Fig. 11. (wo die Strahlen ſich bei b zu vereinigen ſuchen, ehe ſie den Mittelpunkt der Konvexität erreichten) verlängert, und deſſen Spitze ſich in einer größern Entfernung bei B endigen ſehen; der Kegel Fig. 12. (wo die Strahlen ſich bei dem Punkte c jenſeits dem Mittelpunkte der konvexen Oberfläche zu vereinigen ſtreben) wird hingegen verkürzt, und bei C ſich endigend erſcheinen.

Da ſie durch dieſe Verſuche mit dem Erfolge dieſer Erſcheinung hinlänglich bekannt ſind, ſo will ich nun noch einige Betrachtungen über dieſe drei Fälle anſtellen. Es iſt offenbar, daß wenn konvergirende Strahlen auf eine konvexe Oberfläche fallen, ſie entweder 1) ſich bei dem Mittelpunkte der Konvexität zu vereinigen ſtreben, oder 2) ihr Vereinigungspunkt wird der refraktirenden Oberfläche näher ſeyn als dieſem Mittelpunkte, oder 3) er wird jenſeits dieſem Mittelpunkte ſeyn.

In dem erſten Fall weichen die Strahlen nicht ab; daher laufen die Strahlen ef, dh Taf. I. Fig. 20. bei c zuſammen, wie ſie auch ohne die Dazwiſchenkunft der refraktirenden Subſtanz gethan haben würden, weil ſie nicht die zur Refraktion erforderliche Eigenſchaft beſitzen, nämlich die Schiefe des Einfalls. Denn die Strahlen ef, dh, welche gegen c, den Mittelpunkt der Oberfläche, ſtreben, können als verlängerte Halbmeſſer, und folglich als ſenkrecht auf die konvexe Oberfläche angeſehen werden.

In dem zweiten Falle, wo die Strahlen näher an der Oberfläche als am Mittelpunkte der Konvexität ſich zu vereinigen ſtreben, laufen ſie weniger zuſammen. Denn der Strahl ih Taf. I. Fig. 20. welcher gegen k ſtrebt, wird durch die refraktirende Oberfläche näher gegen die ſenkrechte Linie dc gebogen; er entfernt ſich alſo weiter von der Oberfläche, und vereinigt ſich mit der Axe bei O.

In dem dritten Falle, wo die Strahlen jenſeits dem Mittelpunkte der Konvexität ſich zu vereinigen ſtreben, werden ſie mehr konvergirend. Daher wird der Strahl gh Taf. I. Fig. 20. welcher gegen l ſtrebt, und von der konvexen Oberfläche hbf entfernter iſt als c, durch Näherung gegen die ſenkrechte Linie dc dem Mittelpunkte näher gebracht, und vereinigt ſich bei p mit der Axe, wo er einem andern Strahl begegnet, der auf die Oberfläche unter dem nämlichen Grade von Schiefe fällt, nur aber von der andern Seite der Axe.

3) Wenn divergirende Strahlen aus einem dünnen Medium auf ein dichtes mit einer konvexen Oberfläche fallen.

Um zu zeigen, was ſich mit dieſen Strahlen zuträgt, dürfen wir blos wie vorher die Büchſe ſo ſtellen, daß die divergirenden Strahlen auf die konvexe Oberfläche fallen können, das Licht auf einer ebnen Fläche in der Büchſe auffangen, und die Größe des darauf ſich gebildeten hellen Kreiſes bemerken, ehe Waſſer in die Büchſe gegoſſen wird. Da dies geſchehen iſt, ſo will ich nunmehr unſre Büchſe mit Waſſer füllen, wo Sie ſehen werden, daß der helle Kreis beträchtlich kleiner iſt, als er vorher war. Taf. I. Fig. 13. Entfernen Sie die Büchſe weiter von dem Punkte, von welchem die divergirenden Strahlen ausgehen, ſo wird die Grundfläche des leuchtenden Kegels noch kleiner, und endlich ganz zilindriſch werden; und in einer noch größern Entfernung laufen die Strahlen endlich in einen Punkt zuſammen.

Aus dieſen Verſuchen ziehen wir folgenden Schluß, daß divergirende Strahlen, wenn ſie aus einem dünnen Medium in ein dichteres mit einer konvexen Oberfläche übergehen, weniger divergirend werden, welches ſo weit getrieben werden kann, daß ſie parallel, und ſelbſt konvergirend werden.

Die divergirenden Strahlen am, al Taf. I. Fig. 21. gehen, wenn ſie auf die refraktirende Oberfläche mbl fallen, nicht in geraden Linien bis f und e fort, ſondern werden gegen die Lothe eC, cC gebrochen, wodurch ſie die Richtungen mg, lh erhalten, die weniger divergirend ſind.

Wenn die Strahlen, welche auf die refraktirende Oberfläche fallen, wie z. B. dm, il, weniger divergirend ſind, als die vorhergehenden, ſo werden ſie ſolchergeſtalt refraktirt, daß ſie bei B konvergiren.

Wir wollen nun annehmen, daß die Lichtſtrahlen aus einem dichtern Medium in ein dünnes übergehen, und daß das dichte Medium gegen die Seite des dünnen Medium eine erhabne Oberfläche habe.

Parallele Strahlen werden hierdurch konvergirend gemacht. Daher wurden die parallelen Strahlen dc, gi Taf. I. Fig. 12. wenn ſie auf die refraktirende Oberfläche ei fielen, anſtatt nach fg fortzugehen, weiter von den ſenkrechten Linien aC, bC gebogen, ſo daß ſie bei k konvergiren.

Konvergirende Strahlen werden noch mehr konvergirend. So wurden die Strahlen le, ni, welche ohne Refraktion nach m und o gehen würden, ſo refraktirt, daß ſie ſich bei p vereinigen.

Wenn die Strahlen divergirend ſind, ſo iſt der Punkt, von welchem ſie divergiren, 1) entweder e, der Mittelpunkt der Konvexität e, D, i, oder 2) ein Punkt r

zwiſchen dem Mittelpunkte und der konvexen Oberfläche, oder 3) ein Punkt q jenſeits dieſem Mittelpunkte.

In dem erſten Falle werden die Strahlen Ca, Cb nicht gebrochen, weil ſie als Halbmeſſer ſenkrecht auf die konvexe Oberfläche fallen.

In dem zweiten Falle, wo die Strahlen re, ri von r ausgehen, gehen ſie nicht gegen s und t fort, ſondern werden weiter von den ſenkrechten Linien aC, bC refraktirt, und gehen gegen x und y fort, wo ſie mehr als vorher divergiren.

In dem dritten Falle werden die Strahlen qe, qi weniger divergirend, und anſtatt gegen z und z fortzugehen, laufen ſie näher zuſammen gegen g und h, da ſie weiter von den Perpendikularen aC, bC refraktirt werden, und können parallel, ja ſelbſt konvergirend gemacht werden, je nachdem ſie mehr oder weniger divergirend auf die Oberfläche eDi fallen.

Von der Refraktion auf einer konkaven Oberfläche.

1) Wenn parallele Lichtſtrahlen aus einem dünnen Medium in ein dichtes mit einer hohlen Oberfläche übergehen.

Das eine Ende der Büchſe oder des Cylinders Taf. I. Fig. 5. enthält jetzt ein Glas, deſſen konkave Oberfläche auswärts gerichtet iſt; dieſe wollen wir nun gegen die Lichtkegel halten, und parallele Strahlen auf die konkave Oberfläche fallen laſſen. Nachdem Sie nun die Größe des leuchtenden Kreiſes bemerkt haben, welcher von den Strahlen innerhalb der Büchſe gebildet wird, ſo füllen Sie dieſe Büchſe mit Waſſer, wo ſie finden werden, daß der Lichtpinſel ſtärker, und der helle Ring ungleich größer iſt. Man ſehe Taf. I. Fig. 14.

Daß parallele Strahlen nothwendigerweiſe in dieſem Beiſpiele divergirend werden müſſen, läßt ſich auch durch eine Zeichnung darthun. Denn wenn die parallelen Strahlen ab und de Taf. II. Fig. 1. auf die hohle brechende Oberfläche e, h, b fallen, ſo werden ſie näher zur ſenkrechten Linie fC, gC hin gebrochen, welches ſie folglich divergirend macht.

2) Wenn konvergirende Strahlen aus einem dünnen Medium in ein dichtes übergehen, welches mit einer konkaven Oberfläche begränzt iſt.

Wir verfahren wie in dem vorhergehenden Verſuche, und beobachten, wo die konvergirenden Strahlen ſich endigen ehe und nachdem Waſſer in die Büchſe gegoſſen worden, und zwar nebſt den verſchiedenen Graden der Konvergenz.

Sie ſehen, daß ſo groß auch die Konvergenz der Strahlen ſeyn mag, der Kegel doch, ſo bald als Waſſer in die Büchſe gegoſſen worden, ſich merklich verlängert. Taf. I. Fig. 15. Bei einem geringern Grade von Konvergenz werden ſie merklich von einander getrennt, ſo daß wenn man den Grad der Konvergenz ändert, man ſie entweder parallel oder divergirend machen kann. Um dies in einer Figur zu ſehen, ſo betrachte man die Strahlen ab, de Taf. II. Fig. 3. welche bei O zu konvergiren ſtreben. Dieſe Strahlen werden aber vermittelſt der Refraktion ſo gebeugt, daß ſie ſich den Einfallslothen fC und gC nähern, und folglich nicht eher vereinigen, bis ſie nach i kommen.

2) Wenn divergirende Strahlen aus einem dünnen Medium in ein dichtes übergehen, welches eine konkave Oberfläche hat.

Nachdem alles wie bei dem letztern Verſuche eingerichtet iſt, entferne man die Büchſe ſo, daß der Punkt,

wo die Strahlen zuſammentreffen, oder ſich kreuzen, und zu divergiren anfangen, auf den Mittelpunkt des konkaven Glaſes fällt; fange die Grundfläche dieſes Kegels auf einer Fläche in der Entfernung von ohngefähr 7 oder 8 Zoll von dem Glaſe auf, meſſe den Durchmeſſer, und fülle die Büchſe mit Waſſer.

Man wiederhohle hierauf den Verſuch mit dem konkaven Glaſe näher an C Taf. I. Fig. 16. und hernach auch weiter davon.

In dem erſtern Falle wird die Größe des Kreiſes nicht vermehrt, noch der Lichtkegel geändert. In dem zweiten Falle iſt die Grundfläche des Kegels kleiner im Waſſer als ſie in der Luft war. In dem dritten Falle iſt ſie etwas vergrößert. Man ſehe Taf. I. Fig. 16 und 17.

In dem erſten Falle erleiden die Strahlen keine Abänderung, weil ſie nicht ſchief einfallen, denn Cb und Ce Taf. II. Fig. 4. ſind Halbmeſſer der Konkavität, und ſetzen ihren Weg fort bis f und g, wie ſie auch ohne Dazwiſchenkunft eines refraktirenden Medium gethan haben würden.

In dem zweiten Falle werden ſie weniger divergirend, denn die zwei divergirenden Strahlen kb und ke, anſtatt nach d und h zu gehen, fahren bis a und e fort, indem die Refraktion bewirkt, daß ſie ſich den Einfallslothen fC, gC nähern.

In dem dritten Falle, welcher der gewöhnlichſte iſt, werden die Strahlen mehr divergirend; denn lb und le, welche gegen m und n ſtreben, werden aus ihrem Wege nach i und o gebogen, indem ſie ſich den Perpendikularen fC und gC nähern, und hierdurch mehr divergirend werden, als ſie es vorher waren.

Wir wollen jetzt annehmen, daß die Lichtſtrahlen aus einem dichten Medium in ein dünnes übergehen, und daß das dichte Medium an der heraustretenden Seite von einer konkaven Oberfläche begrenzt iſt.

Die parallelen Strahlen werden divergirend, denn die parallelen Strahlen de, gi Taf. I. Fig. 22. ſetzen beim Heraustreten aus der konkaven Oberfläche eDi ihren Weg nicht in geraden Linien gegen f und h fort, ſondern werden gegen m und p gelenkt und von den Einfallslothen Ca, Cb getrennt, wodurch ſie divergirend werden.

Wenn die Strahlen konvergirend ſind, ſo finden drei Fälle Statt. 1) Wenn der Punkt der Konvergenz genau gegen den Mittelpunkt O der Konkavität eDi gerichtet iſt; in dieſem Falle erleiden die Strahlen ae, bi gar keine Refraktion, weil, da ſie die Verlängerung der Halbmeſſer Ce, Ci der Konkavität eDi ſind, ſie in keinem Punkt ſchief einfallen.

2) Wenn die Strahlen qe, ri gegen den Punkt n, der konkaven Oberfläche eDi näher als ihrem Mittelpunkte C zu konvergiren ſtreben, indem ſie ſich von den Einfallslothen Ce, Ci trennen, ſo vereinigen ſie ſich bei o, und werden ſolchergeſtalt mehr konvergirend gemacht.

3) Wenn ſie gegen einen Punkt l gehen, welcher entfernter von der konkaven Oberfläche iſt, als der Mittelpunkt der Krümmung, ſo werden ſie weniger konvergiren. Denn die natürlicherweiſe gegen den Punkt l konvergenten Strahlen ſe, ti, vereinigen ſich, indem ſie ſich von den Einfallslothen Ce, Cc trennen, weiter hin bei k, als ſie ohne Refraktion gethan haben würden, wenn ſie blos etwas konvergirend waren. Sobald ſie zur konkaven Oberfläche eDi gelangen, werden ſie durch die Refraktion parallel oder divergirend.

Die divergenten Strahlen Ee, Ei, welche von dem Punkte E divergiren, und ohne die Veränderung von dem

Medium gegen u und x fortgehen würden, werden durch die Refraktion, welche ſie von den Einfallslothen Ce, Ci trennt, gegen y und z gebogen, und divergiren jetzt mehr als vorher.

Von Glaslinſen.

Unter einer Linſe verſtehen die Optiker einen durchſichtigen Körper von einer gegen das umgebende Medium verſchiedenen Dichtigkeit, der zwei Oberflächen hat, entweder beide ſphäriſch, oder die eine eben, die andre aber ſphäriſch. Da nun die Linſen zu optiſchem Gebrauche gewöhnlich von Glas gemacht werden, ſo nennt man ſie insgemein Gläſer mit dem Zuſatze der Abſicht, wozu ſie beſtimmt ſind. Z. B. Vergrößerungsglas, Brillenglas, Objekt- oder Augenglas eines Teleskops, u. ſ. f.

Glas war wahrſcheinlich die zufällige Erfindung eines Manufakturiſten, der vielleicht nichts anders zur Abſicht hatte, als durch ſein neues Produkt ſein Glück zu machen. Als Folge hiervon wurden wir mit Teleſkopen, Mikroſkopen und Priſmen verſehen, die uns in Geheimniſſe der Natur einführen, welche wir vorher gar nicht wähnten, uns die unermeßliche Größe des Univerſum öfnen, und uns Thiere kennen lernen, denen ein Löffel Weineſſig eine bewohnbare Welt iſt. Aus dieſer Erfindung ging gleichfalls nach und nach eine ungleich genauere Kenntniß der Geſetze der Attraktion, der Geſchwindigkeit des Lichts, der Exiſtenz des Aethers, und der außerordentlichen Verdünnung der Körper hervor. So müſſen Ungelehrte öfters dem denkenden Beobachter in dem Verfolge und der Vervollkommnung ſeiner Wiſſenſchaft hülfreiche Hand bieten. Erfindungen werden oft zufällig genannt, und ſie

ſind es wirklich in Rückſicht auf uns; allein auch Zufälle entſpringen immer aus gewiſſen Urſachen, die ſie erzeugen, wenn es eben Zeit iſt, und liegen daher in dem großen Plane der Erſcheinungswelt.

Eine Linſe, deren eine Seite eben und die andre konvex iſt, heißt plankonvex; wenn die eine Seite eben und die andre konkav iſt, ſo heißt ſie plankonkav. Eine Linſe, deren beide Seiten erhaben ſind, heißt doppelt konvex oder konvexkonvex; eine doppelt konkave oder konkavkonkave Linſe hat zwei hohle Seiten. Eine Linſe, welche auf der einen Seite konkav, auf der andern aber konvex iſt, heißt eine konkavkonvexe Linſe. Taf. II. Fig. 9.

Aus dieſen Erklärungen ergiebt ſich ſogleich, daß es eine unendliche Verſchiedenheit in den Graden der Konvexität und Konkavität geben könne; denn eine konvexe Oberfläche kann als ein Theil einer Kugel betrachtet werden, und nach Maßgabe als der Halbmeſſer, oder Durchmeſſer dieſer Kugel größer oder geringer iſt, wird auch die Konvexität verſchieden ſeyn.

Wenn ich daher ſage, daß der Radius der konvexen Oberfläche eines Glaſes 3 Zoll ſey, ſo verſtehe ich darunter, daß es der Theil einer Kugel iſt, deren Halbmeſſer 3 Zoll beträgt. Um dieſen Gegenſtand deutlicher zu machen, ſind hier eine Menge Linſen von verſchiedenen Konvexitäten. Bei genauer Betrachtung derſelben ſehen Sie, daß je kleiner der Halbmeſſer iſt, deſto mehr iſt die Oberfläche gekrümmt, oder um deſto größer iſt ihre Abweichung von einer geraden Linie. Hingegen je länger der Radius iſt, um deſto mehr nähert ſich die Oberfläche einer Ebne, ſo daß eine ebne Oberfläche als eine konvexe von einem unendlichen Radius angeſehen werden kann.

Um die Wirkung zu erklären, welche in der Erſcheinung der Objekte durch konvexe und konkave Linſen erzeugt wird, müſſen wir zwei Fälle unterſcheiden; 1) Wenn das Objekt in einer beträchtlichen Entfernung von der Linſe iſt. 2) Wenn das Objekt der Linſe nahe iſt. Ehe ich indeſſen zu dieſer Erläuterung übergehe, muß ich noch erklären, was unter der Axe einer Linſe verſtanden wird. Eine gerade Linie, welche ſenkrecht auf beide Seiten einer Linſe gezogen wird, heißt die Axe derſelben. Wenn eine der Oberflächen eben iſt, ſo fällt die Axe der Linſe ſenkrecht auf die ebne Oberfläche, und geht durch den Mittelpunkt der ſphäriſchen. Die Axe geht daher durch den Mittelpunkt der ſphäriſchen Seiten; und da wir nun die zwei Oberflächen durch Bogen eines Kreiſes vorſtellen, ſo darf man nur eine Linie durch ihre Mittelpunkte ziehen, welche die Axe der Linſe vorſtellen werd. So iſt der Mittelpunkt des Bogens AEB Taf. II. Fig. 23. bei C derjenige von AFB bei D, und die Linie CD iſt die Axe dieſer Linſe. Es iſt leicht einzuſehen, daß die Axe durch die Mitte geht, und daß keine Linſe, ausgenommen eine Kugel, mehr als eine Axe haben kann, weil keine andre Linie durch die zwei Mittelpunkte C, D gehen kann. Daher werden auch alle Lichtpinſel als ſchief angeſehen, diejenigen ausgenommen, deren Brennpunkte in der Axe der Linſe ſind.

Da die Axe ſenkrecht auf den zwei Oberflächen ſteht, ſo kann, wegen der Natur der Refraktion, ein Lichtſtrahl, welcher in dieſer Richtung geht, nicht refraktirt werden, ſondern er geht in der nähmlichen Richtung fort, in welcher er eingetreten iſt.

Kein Strahl, welcher durch den Mittelpunkt o Taf. I. Fig. 23. einer Linſe geht, wird refraktirt; denn die zwei Tangenten bei E und F ſind parallel, und die

Wirkung iſt daher die nämliche, als ob der Strahl durch ein Stück Glas ginge, deſſen Seiten parallel ſind.

Ich will nunmehr die Natur der doppelt konvexen Linſen betrachten. Ihre Eigenſchaft iſt, durch ſie hindurchgehende parallele Strahlen in einem Punkte, dem ſogenannten Brennpunkte zu vereinigen, die Konvergenz konvergenter Strahlen zu vermehren, die Divergenz divergenter Strahlen zu vermindern, und zwar dies unter gewiſſen Umſtänden ſo ſehr, daß ſie parallel oder konvergent werden.

Wir wollen AB Taf. I. Fig. 24. als eine konvexe Linſe anſehen, deren Axe die Linie OEFP iſt. Nehmen wir nun ferner an, daß auf dieſer Axe, und in einer großen Entfernung von dem Glaſe ein leuchtender Punkt oder ein Gegenſtand O ſey, der ſeine Strahlen nach allen Richtungen verbreite, ſo werden einige derſelben als OM, OE und ON auf das Glas fallen. Der mittlere OE wird nicht gebrochen werden, ſondern in der Richtung EFP durchgehen. Die zwei andern Strahlen hingegen werden gebrochen, und beide beim Eintritte und Austritte ſo gebogen, daß ſie bei I irgendwo auf die Axe treffen, und ſodann in der Richtung IQ und IR fortgehen: die übrigen Strahlen zwiſchen M und N werden ſo gebrochen daß ſie ſich auf der Axe bei dem nämlichen Punkte I vereinigen. Daher werden die Strahlen OM und ON und diejenigen zwiſchen denſelben, welche ohne Dazwiſchenkunft des Glaſes ihren geradlinichten Richtungen gefolgt wären, hierdurch ſo gebogen, daß ſie jetzt andern Richtungen folgen, und fortgehen, als ob ſie aus dem Punkte I kämen. Ein Auge nun, welches bei P ſtünde, würde auf die nämliche Art gerührt werden, als ob der leuchtende Punkt bei I wäre, indem das Glas AB einen Gegenſtand bei I macht, der genau den Gegenſtand bei O vorſtellt. Solchergeſtalt wird eine beträchtliche Veänderung durch die Linſe hervor-

gebracht; ein entfernter Gegenſtand wie O iſt gleichſam verſetzt, und plötzlich nach I gebracht.

Wir wollen jetzt die Wirkung betrachten, welche in den Lichtſtrahlen hervorgebracht wird, wenn der Gegenſtand von der Linſe ſehr entfernt iſt. In Taf. II. Fig. 13. ſtellt MN eine konvexe Linſe vor; OABTS iſt die Axe der Linſe, OP ein entfernter Gegenſtand, der in der Axe liegt; jeder Punkt dieſes Gegenſtands ſchickt Strahlen nach allen Richtungen aus. Von dieſen gehen uns aber nur diejenigen an, welche auf die Linſe fallen; und um den Gegenſtand deutlicher zu machen, will ich blos drei von dem Punkt O ausgehende Strahlen OA, OM, ON, betrachten. Von dieſen wird der erſtre OA, welcher durch die Mitte der Linſe geht, in ſeiner Richtung nicht geändert, ſondern geht, nachdem er durchgegangen, auf der Linie BTS, der Axe des Glaſes, fort. Die andern beiden aber OM, ON werden jeder beim Eintritte und Austritte aus der Linſe gebrochen, daß ſie ſich bei T auf der Axe vereinigen, von wo aus ſie wieder in den Richtungen MTQ, NTR fortgehen, ſo daß, wenn ein Auge ſie träfe, ſie die nämliche Wirkung auf daſſelbe erzeugen würden, als ob der Gegenſtand O in T gelegen. Um indeſſen den wahren Punkt O von dem Punkte T zu unterſcheiden, heißt erſterer der Gegenſtand, letzterer das Bild dieſes Gegenſtands, welches Bild aber ſeinerſeits auch zum Objekt wird. Befindet ſich das Objekt in einer beträchtlichen Entfernung, ſo wird der Punkt T als der Fokus des Glaſes angeſehen. Folgende Bemerkungen über dieſen Punkt ſind beſonders der Aufmerkſamkeit werth.

1) Wenn der Punkt O, oder der Gegenſtand in einer unendlichen Entfernung iſt, ſo können die Strahlen OM, OA, ON als parallel zu einander, und zur Axe der Linſe angeſehen werden.

2) Der Fokalpunkt T iſt ein Punkt hinter dem Glaſe, wo parallel auf das Glas fallende Strahlen durch das Brechungsvermögen der Linſe vereiniget werden.

3) Der Fokus einer Linſe, und der Ort, wo das Bild eines in der Axe der Linſe, allein in einer unendlichen Entfernung von der Linſe gelegnen Gegenſtandes entworfen wird, ſind als ein und daſſelbe anzuſehen.

4) Der Abſtand des Punkts T von der Linſe heißt der Fokalabſtand.

5) Jede konvexe Linſe hat einen beſondern Fokus; in einigen iſt er größer in andern geringer, welches man ſehr leicht findet, wenn man das Glas gegen die Sonne hält, und bemerkt wo ſich die Strahlen vereinigen.

6) Diejenigen Linſen, welche von Bogen kleiner Kreiſe gebildet werden, haben ihre Brennpunkte ſehr nahe; ihr Fokalpunkt fällt nach dem Verhältniß weiter weg, in welchem die Oberfläche oder die Seiten der Linſe von Bogen eines längern Halbmeſſers gebildet werden.

7) Um einen gehörigen Begrif von der optiſchen Wirkung einer Linſe zu erhalten, iſt es erforderlich ihren Fokalabſtand zu wiſſen.

8) Wenn parallele Strahlen AB, CD Taf. III Fig. 4. auf eine plankonvexe Linſe DeR fallen, und durch ſie gehen, ſo werden ſie ſo gebrochen, daß ſie ſich in einem Punkte F hinter derſelben vereinigen; dieſer Punkt heißt der wirkliche Fokus, und ſein Abſtand Fe von der Mitte des Glaſes ihr Fokalabſtand, welcher zweimal dem Halbmeſſer, oder dem Durchmeſſer der Konvexität der Kugel gleich iſt.

9) Wenn parallele Strahlen AB, CD Taf. III. Fig. 5. auf ein Glas DeB fallen, welches auf beiden Seiten gleich

konvex iſt, und durch daſſelbe gehen, ſo werden ſie ſo gebrochen, daß ſie ſich in einem Punkte, oder dem wirklichen Fokus F vereinigen, deſſen Abſtand dem Radius oder dem Halbmeſſer der Konvexität der Kugel gleich iſt.

Alle Strahlen kreuzen den mittlern Strahl de in dem Fokus F, und divergiren ſodann nach den entgegenſtehenden Seiten auf die nämliche Art, als ſie nach dem Brennpunkte konvergirten. Taf. III. Fig. 4. und 5.

Wenn eine andre konvexkonvexe Linſe hg Taf. III. Fig. 5. in die Strahlen in dem nämlichen Abſtande von dem Fokus geſtellt wird, ſo werden ſie hierdurch ſo gebrochen, daß ſie davon in paralleler Richtung, wie bei bh, ge fortgehen, und ſo auf dieſelbe Art fortfahren, als wie ſie auf das erſte Glas fielen, allein auf die entgegengeſetzten Seiten von dem mittlern Strahl De Fff, denn der Strahl ABF wird in der Richtung Fhb, und der Strahl CDF in der Richtung Fge fortgehen, u. ſ. f.

Um den Fortgang der Strahlen von einem Gegenſtande durch eine Linſe nach dem Bilde hinterwärts deutlicher zu machen, habe ich ein Modell bearbeitet, in welchem die Strahlen durch ſeidne Fäden vorgeſtellt werden; und um dies noch augenſcheinlicher zu machen, gehen die Strahlen von drei Punkten aus, und blos drei Strahlen von jedem dieſer Punkte.

Taf. IV. Fig. 9. iſt die Vorſtellung dieſes Modells. ABC iſt der Gegenſtand, welcher etwas jenſeits dem Fokus der konvexen Linſe def liegt. Die Strahlen Ad, Ae, Af, welche von dem Punkte A kommen, werden in den Richtungen da, ea, fa gebrochen, und treffen in dem Punkte a zuſammen. Die Strahlen Bd, Be, Bf, welche von B kommen, gehen durch das Glas, und werden ſo gebrochen, daß ſie ſich in b ſammeln. Auf gleiche Art werden diejenigen, welche von dem Punkte C ausfließen, geführt, und treffen bei c zuſammen; bei jedem der Punkte a, b, c wird

ein Bild der Punkte A, B, C gemacht. Das nämliche findet bei allen zwiſchenliegenden Punkten Statt, wodurch denn ein vollkommnes Bild des Gegenſtands erhalten wird.

Ich habe bereits bemerkt, daß ein Gegenſtand in unendlicher Entfernung ſein Bild in dem Fokus einer konvexen Linſe macht, vorausgeſetzt, daß der Gegenſtand in der Axe der Linſe liegt. Ich will nunmehr zur Betrachtung näherer Gegenſtände fortgehen, die aber gleichfalls in der Axe liegen, wo Sie finden werden, daß je näher der Gegenſtand dem Glaſe liegt, deſto weiter das Bild davon erſcheint.

So wollen wir z. B. annehmen, daß F Taf. II. Fig. 11. der Fokus der Linſe MM ſey, oder der Ort, wo das Bild eines entfernten Gegenſtands dargeſtellt wird. Wird nun der Gegenſtand allmählich nach P, Q und R gebracht, ſo wird auch das Bild nach und nach ſich weiter von dem Glaſe nach p, q und r entfernen, ſo daß der Abſtand br u. ſ. f. des Bildes demjenigen des Gegenſtands AP u. ſ. f. jederzeit correſpondirt. Die Mathematiker haben Regeln zu Berechnung dieſer Entfernung gegeben, die uns aber zu weit in dieſe Wiſſenſchaft ſelbſt führen würden; es wird daher hinreichend ſeyn, nur im Allgemeinen zu bemerken, daß je mehr wir den Abſtand eines Gegenſtands von der Linſe vermindern, um ſo mehr derjenige des Bilds vermehrt wird, welches Ihnen durch ein Beiſpiel ſogleich deutlich werden wird. Wir wollen eine Linſe von 6 Zoll Fokus annehmen; d. i. wenn der Gegenſtand in einer unendlichen Entfernung iſt, ſo wird der Fokus genau 6 Zoll ſeyn; nähert ſich nun der Gegenſtand der Linſe, ſo wird der Abſtand des Bildes ſich nach folgender Tafel vermehren:

Abſtand des Gegenſtands.	Abſtand des Bildes.
Unendlich.	6 Zoll
42	7
24	8
18	9
15	10
12	12
10	15
9	18
8	24
7	42
6	Unendlich.

Ob nun ſchon dieſe Zahlen blos bei einer Linſe von 6 Zoll Fokus zutreffen, ſo können wir doch folgende Sätze daraus herleiten.

1) Wenn der Gegenſtand in einer unendlichen Entfernung iſt, ſo wird das Bild ſich im Fokus befinden.

2) Wenn der Gegenſtand in doppelter Entfernung des Fokus von dem Glaſe iſt, ſo wird das Bild gleichfalls in doppelter Entfernung des Fokus von dem Glaſe ſich befinden; ſolchergeſtalt war in dem vorigen Beiſpiele, als die Entfernung des Gegenſtands zweimal 6 oder 12 Zoll war, das Bild gleichfalls 12 Zoll entfernt.

3) Wenn der Gegenſtand in derſelben Entfernung von dem Glaſe iſt wie der Fokus, ſo wird das Bild in eine unendliche Entfernung auf der entgegenſtehenden Seite fortgerückt.

4) Die Entfernung des Gegenſtands und des Bildes correſpondiren mit einander; daß alſo, wenn der Gegenſtand dahin geſetzt wird, wo das Bild ſich befand, das Bild da gefunden werden wird, wo vorher der Gegenſtand war.

5) Wenn die Linſe AB in I Taf. I. Fig. 24. die Strahlen ſammelt, welche von dem Punkte O ausgehen, ſo wird ſie auch die Strahlen von dem Punkte I ſammeln, und es können folglich die Strahlen in eben der Richtung zurückgebracht werden, in welcher ſie ausgiengen. Dieſer Umſtand iſt ſehr wichtig in Rückſicht einer genauen Kenntniß der Beſchaffenheit der Linſen; denn wenn ich z. B. weiß, daß eine Linſe in der Entfernung von 8 Zoll das Bild eines Gegenſtands vorgeſtellt hat, welches 24 Zoll davon auf der gegenüberliegenden Seite ſich befindet, ſo kann ich alsdann ſchließen, daß wenn der Gegenſtand in der Entfernung von 8 Zoll ſich befindet, das Bild bei 24 Zoll ſeyn werde.

Wenn der Gegenſtand in dem Fokalabſtande von dem Glaſe liegt, ſo wird das Bild plötzlich in eine unendliche Entfernung davon zurückgeſetzt.

Sie fragen mich vielleicht, was alsdann aus dem Bilde werde, wenn der Gegenſtand innerhalb dem Fokalabſtande liegt? Kann es wohl in eine noch größere als die unendliche Entfernung fortgerückt werden? Dies iſt unmöglich. Dieſe Frage, ob ſie ſchon von der Metaphyſik nicht aufgelöſet werden kann, ſetzt indeſſen den Mathematiker weiter in keine Verlegenheit; denn er beweiſet, daß das Bild in dieſem Falle auf die andre Seite des Glaſes übergeht, und auf der nämlichen Seite mit dem Objekte gefunden wird.

Bei jedem von einer Linſe entworfnen Bilde muß auf zwei Umſtände Rückſicht genommen werden; der eine betrift den Ort wo das Bild entſtehet, der andre die Größe des Bildes. Da ich nun bereits von dem erſtern geſprochen habe, ſo gehe ich ſogleich zu dem andern über. OP Taf. II. Fig. 14. ſey ein Gegenſtand, welcher in der Axe der konvexen Linſe MN liege; man ſuche zuerſt den

Punkt I, wo die von O kommenden Strahlen die Axe treffen; iſt dies geſchehen, ſo haben wir noch den Ort auszufinden, wo der andre Punkt P hinfallen wird.

Um dieſes zu thun, betrachten Sie die Strahlen PM, PA, PN, welche, ſo wie ſie von P ausgehen, auf die Linſe fallen, und Sie werden ſehen, daß die Richtung des Strahls PA nicht verändert wird, weil er auf die Mitte des Glaſes fällt, ſondern fortfährt, in der Linie AKS weiter zu gehen; er wird daher irgend wo in dieſer Linie ſeyn, wie bei K, wo die Strahlen PM, PN, ſich treffen, und K wird das Bild des andern Endes des Gegenſtands ſeyn, indem der Punkt K durch den Ort beſtimmt wird, wo eine ſenkrechte Linie auf IO von I die Linie PS trift, IK aber das Bild des Gegenſtands. Es iſt alſo hieraus offenbar, daß das Bild umgekehrt wird, ſo daß wenn QR horizontal wäre, und der Gegenſtand OP ein Menſch, in dem Bilde der Fuß oberhalb, und der Kopf unterhalb ſeyn würde. Eben ſo ſieht man

1) daß das Bild jederzeit nach Verhältniß kleiner iſt, als es der Linſe näher liegt, und größer, je weiter es davon entfernt iſt. So wird, wenn OP Taf. II. Fig. 15. der Gegenſtand iſt, und MM die Linſe, das Bild kleiner ſeyn, wenn es bei Q iſt, als bei R, S, oder T; d. i. das Bild iſt größer je entfernter es von der Linſe iſt.

2) Es giebt einen Fall, wo das Bild genau in gleichem Abſtande von der Linſe iſt, wie der Gegenſtand, und geſchieht, wenn der Gegenſtand zweimal ſo weit entfernt iſt, als der Fokalabſtand von der Linſe.

3) Wenn das Bild zweimal ſo weit von dem Glaſe iſt als der Gegenſtand, ſo wird es doppelt ſo groß als der Gegenſtand, und überhaupt iſt das Bild um ſo vielmal größer als der Gegenſtand, als es den Abſtand von der

Linſe übertrift: je näher nun der Gegenſtand dem Glaſe iſt, je weiter entſteht das Bild davon, und iſt folglich um ſo viel größer.

4) Hingegen um ſoviel, als das Bild dem Glaſe näher iſt als der Gegenſtand, um ſovielmal kleiner iſt es als der Gegenſtand. Wäre nun der Abſtand des Bildes von dem Glaſe 1000 mal geringer, als derjenige des Gegenſtands, ſo würde es auch 1000 mal kleiner ſeyn.

Von den Brenngläſern.

Die Sonne iſt, wie die Erfahrung lehrt, die Urſache der Wärme auf der Oberfläche der Erde; am heftigſten ſind ihre Wirkungen in denjenigen Gegenden, wo ihre Strahlen unter der geringſten Schiefe auffallen, denn ſie erlangen hier eine größere Kraft, und ſind in größerer Menge. Winde ſtoßen auf einander, und vernichten die Kräfte, auf die ſie treffen, allein die Strahlen der Sonne gehen für ſich fort, ohne einander auf ihrem Wege Hinderniſſe zu legen.

Alle Subſtanzen fühlen den Einfluß der Sonnenſtrahlen nicht nur nach Verhältniß, als ſie gegen dieſelben mehr oder weniger gerade auffallen, ſondern auch je nachdem ſie ihrer Annahme angemeſſen ſind. Denn die Strahlen, ohnerachtet ſie jederzeit fortfahren zu wirken, werden jedoch vermöge der Natur und Eigenſchaften der Körper, worauf ſie fallen, und ihrer eigenen gleichmäßigen Vertheilung abgehalten, um zu heftig zu wirken. Um den Strahlen mehr Kraft zu geben, müſſen ſie durch Kunſt geſammelt werden, wo denn, ſo wie ihre Wirkung konzentrirt worden, ſie alle Körper mit unglaublicher Kraft vernichten, oder Veränderungen in ihnen bewirken.

Eine der erſten Anwendungen der konvexen Linſen war diejenige, die Strahlen der Sonne zu ſammeln, um Holz, oder irgend eine andre brennbare Materie in Feuer zu ſetzen.

Die Sonne iſt ſo entfernt von uns, daß wir jeden Punkt auf ihrer Oberfläche als in unendlicher Entfernung anſehen, und daher annehmen können, daß die von jedem Punkte herkommenden Strahlen unter einander parallel ſind; folglich werden alle Strahlen von der Sonne, welche auf eine konvexe Linſe fallen, während dem ſie durch das Glas gehen, konvergiren, und ſich in einem Fokus hinter demſelben vereinigen.

Die Wirkung der Strahlen der Sonne, wenn ſie ſolchergeſtalt geſammelt werden, iſt die Urſache, warum der Punkt, wo ſie geſammelt werden, der Fokus oder Brennpunkt genannt wird: welcher Name, nachdem er dieſes Umſtands wegen dieſem Punkte gegeben worden, ſodann als allgemein für jeden Punkt angenommen worden iſt, wo konvergirende Strahlen ſich einander begegnen und treffen.

Jede Linſe, ſie ſey konvex oder plankonvex, wird durch Refraktion die Strahlen der Sonne ſammeln, die auf ihre Oberfläche fallen, und ſie in einen Punkt vereinigen, und ſolchergeſtalt ein Brennglas werden. Um dies gehörig einzuſehen, ſtelle MN Taf. II. Fig. 15. eine konvexe Linſe vor, auf deren Oberfläche die Strahlen R, R, R der Sonne fallen, und durch die Linſe in einen kleinen leuchtenden Kreis refraktirt werden, der das Bild der Sonne iſt.

Da alle Strahlen, welche auf die Linſe fallen, in ihrem Brennpunkte vereiniget werden, ſo muß ihre Wirkung um ſo ſtärker ſeyn, als die Oberfläche der Linſe diejenige des Fokus übertrift. Wenn alſo eine Linſe 4 Zoll

breit die Strahlen der Sonne in einen Fokus unter einem Abſtande von 1 Fuß oder 12 Zoll ſammelt, ſo wird das Bild nicht breiter als den zehnten Theil eines Zolls ſeyn. Die Oberfläche dieſes kleinen Kreiſes iſt 1600 mal kleiner als die Oberfläche der Linſe, und folglich muß das Sonnenlicht um ſovielmal innerhalb dieſem Kreiſe dichter ſeyn; es iſt daher nicht zu verwundern, daß es mit einem Grade von Heftigkeit und Stärke brennt, die alles Küchenfeuer übertrifft.

Daß die Alten ſich der Brenngläſer bedient haben, iſt aus einer Stelle in einem Schauſpiele des Ariſtophanes, die Wolken genennt, offenbar, wo Strepſiades dem Sokrates ſagt, daß er ein vortrefliches Mittel ausgefunden habe, ſeine Kreditoren zu hintergehen, wenn ſie eine Klage gegen ihn erheben wollten. Seine Vorkehrung wäre, daß er von den Steinſchneidern einen gewiſſen durchſichtigen Stein nähme, deſſen man ſich zum Feueranſchlagen bediente, und ſo wie er nun in einer Entfernung ſtünde, ihn gegen die Sonne halte, und ſo das Wachs ſchmelze, worauf die Klage geſchrieben worden.

Die vorzüglichſten ähnlichen Gläſer ſind diejenigen, welche von den Herrn Tſchirnhauſen und Herrn Parker gemacht worden ſind. Ob ich Ihnen nun zwar ſchon beider erwähnet habe, ſo wird es doch immer der Mühe werth ſeyn, noch einiges in Rückſicht ihrer Wirkungen anzuführen. Der Durchmeſſer desjenigen des Herrn Tſchirnhauſen war 3 Fuß, der Fokus war 12 Fuß, und ſein Durchmeſſer betrug 1 $\frac{1}{2}$ Zoll, und wog 160 Pfund. Um den Fokus lebhafter zu machen, ward er noch zum zweitenmale von einer Linſe geſammelt, welche mit der erſten parallel ſtand, und ſo eingelegt worden, daß der Durchmeſſer des Strahlenkegels, welcher von der erſten Linſe gebildet worden, genau dem Durchmeſſer der zweiten Linſe gleich war, mithin alle Strahlen erhielt, und der Fokus dadurch auf

8 Linien gebracht wurde, wodurch zugleich noch die Stärke verhältnißmäßig vergrößert ward.

Die Linſe, welche von Herrn Parker in Fleetſtreet gemacht worden, beſteht aus Flintglas, von 3 Fuß im Durchmeſſer, und hat, nachdem ſie gefaßt worden, eine reine Oberfläche von 2 Fuß 8½ Zoll; ſie iſt 212 Pfund ſchwer, die Fokallänge beträgt 6 Fuß 8 Zoll, und der Durchmeſſer des Fokus 1 Zoll. Eine zweite Linſe, deren man ſich noch dabei bediente, brachte dieſen Fokus auf einen halben Zoll.

Ich will jetzt noch einiger der vornehmſten Wirkungen derjenigen erwähnen, welche Herr Tſchirnhauſen machte, da ich bereits diejenigen der Linſe des Herrn Parker angeführt habe.

1) Jede Art von Holz fieng in einem Augenblicke Feuer, es möchte hart oder grün, oder vom Waſſer durchdrungen ſeyn.

2) Schwache Eiſenplatten wurden in einem Augenblicke rothglühend, und ſchmolzen ſodann.

3) Ziegel, Schiefer, und alle Erdarten wurden in einem Augenblicke roth, und verglaſeten.

4) Schwefel, Pech, und alle harzige Körper ſchmolzen unter Waſſer.

5) Tannenholz, welches man dem Fokus unter Waſſer ausſetzte, ſchien nicht verändert zu werden, allein zerbrochen fand man, daß die innere Seite zu Kohle verbrannt war.

6) Wenn eine Höhlung in ein Stück Kohle gemacht, und die Subſtanzen in dieſelbe gelegt wurden, worauf die Wirkung geſchehen ſollte, ſo wurde die Kraft der Linſe ſehr verſtärkt.

7) Jedes Metall, welches ſolchergeſtalt in die Höhlung einer Kohle gelegt worden, ſchmolz in einem Augenblicke, und das Feuer ſprühete wie in einer Schmiedeeſſe.

8) Die Aſche von Holz, Papier, Leinwand und aller vegetabiliſchen Subſtanzen wurde in einem Augenblicke in ein durchſichtiges Glas verwandelt.

9) Die Subſtanzen, welche am ſchwerſten dazu gebracht werden konnten, waren diejenigen von weißer Farbe.

10) Alle Metalle verglaſeten auf einem porzellanen Teller, wenn dieſer ſo ſtark war, daß er nicht ſchmolz, und die Hitze nur nach und nach mitgetheilt wurde.

11) Wenn Kupfer auf dieſe Art geſchmolzen, und geſchwind in kaltes Waſſer geworfen wurde, ſo verurſachte dieſes einen ſo heftigen Stoß, daß er die ſtärkſten erdenen Gefäße zerſchmetterte, und alles Kupfer ganz verſprützt wurde. Wenn Kupferplatten in einer Gießerei gegoſſen werden, ſo werden, nachdem die Form gehörig erhitzt und getroknet worden, ſie mit Planken umgeben, um alle Feuchtigkeit abzuhalten, da dieſe nicht nur das Metall zerſtreuen, ſondern auch die Werke aufheben, und wohl ſelbſt das Gebäude übern Haufen werfen würde.

Die Verſuche mit einem Brennglaſe beweiſen unter andern auch, daß Feuer regelmäßig durch jeden Raum vertheilt, und darin herrſchend iſt, ſo wie daß, wenn es gehörig geleitet und in Thätigkeit geſetzt worden, es mit einer Heftigkeit brennt, die alles Küchenfeuer übertrift. Das Feuer befand ſich in dem Raume, ehe noch das Glas angewendet worden, nur die Oberfläche, wodurch es geſammelt und geordnet wurde, ſetzte das Feuer in Thätigkeit was bereits ſchon exiſtirte.

Herr Parker bemerkte eine heftige Kreisbewegung in den Strahlen im Fokus, welche beſonders auf einer kleinen Maſſe von Gold ſichtbar wurde, nachdem es

ſchmolz, da es augenblicklich eine Bewegung um deſſen Axe, und zwar genau in der nämlichen Richtung annahm, unter welcher ſich die Erde um ihre Axe bewegt. Die Geſchwindigkeit dieſer Bewegung wurde beſchleuniget, wenn zu irgend einer Zeit die Sonne mit größerer Helle als vorher ſchien.

Ob nun zwar ſchon die Hitze des Fokus ſo ſtark war, daß Gold in wenig Minuten geſchmolzen wurde, ſo empfand man ſie doch keineswegs in einer kleinen Entfernung davon, ſo daß ſelbſt der Finger in den Strahlenkegel ohngefähr einen Zoll von dem Fokus ab gehalten werden konnte, ohne daß er den geringſten Schaden nahm. Herr Parker hatte die Neugierde zu verſuchen, welche Empfindung vom Brennen in dem Fokus ſey, in welcher Abſicht er den Finger hinhielt, und ſeiner Ausſage nach habe es ihm geſchienen, daß es keineswegs dem Verbrennen an einem Feuer, oder an einem Lichte gleich komme, ſondern die Empfindung ſey mehr einem ſcharfen Schnitt von einer Lanzette ähnlich.

Man kann vermittelſt der Fokalſtrahlen von dieſem Glaſe ein Stück Holz zu Kohle in einem Klärgefäße anbrennen, ohne daß jedoch die Seiten des Gefäßes, wodurch die Strahlen ſo auſſerordentlich nahe am Fokus gehen, zerſprengt oder auf irgend eine Art beſchädigt werden; auch wird das Waſſer nicht in dem geringſten Grade erwärmt. Das Holz ward nachgehends herausgenommen, und die Strahlen auf das Waſſer geworfen; allein kein Fortfahren der auf dieſe Art geſammelten Strahlen konnte weder das Waſſer erhitzen noch das Glas zerſprengen; allein wenn ein Stück Metall ins Waſſer gelegt wird, ſo wird es bald zu heiß, um angerührt werden zu können, und da es dem Waſſer ſeine Hitze mittheilt, ſo macht es daſſelbe nicht nur warm, ſondern zuweilen ſelbſt kochend.

Ob indeſſen zwar auf das Waſſer allein keine Wirkung erfolgte, ſo fing es doch, nachdem etwas Dinte hineingegoſſen worden, in ſehr kurzer Zeit an zu kochen.

Von der ſcioptriſchen Kugel, oder der dunkeln Kammer.

Unter Kamera obſkura verſtehen die Optiker ein verfinſtertes Zimmer, dem alles Licht benommen worden, auſſer was durch eine Linſe auf eine weiße Wand durchgelaſſen wird, die gehörig geſtellt worden, und worauf die Gegenſtände geſehen werden, ohne daß ſie abgebildet worden.

Sie wird insgemein auf zweierlei Art gemacht: die eine Art beſteht in einem großen Zimmer, welches ſo ſehr als möglich verfinſtert wird, und eine ſcioptriſche Kugel hat, die in dem Fenſterladen befeſtiget werden: die andre Art iſt klein, und wird verſchiedentlich gemacht, z. B. als eine Büchſe, ein Buch u. ſ. f. um ſie bequem von einem Orte zum andern tragen zu können, daher ſie auch die tragbare Kamera obſkura genennt wird, und einem jungen Künſtler beſonders vortheilhaft iſt, um die optiſche Anſicht irgend eines gegebenen Proſpekts aufzunehmen.

Vermöge konvexer Linſen geſchieht es nämlich, daß wir die Vortheile erlangen, die wir von der Kamera obſkura ziehen, da ſie auf eine beſonders gefällige Art alle Gegenſtände, die man auſſerhalb ſieht, in ihren natürlichen Verhältniſſen, Farben und Bewegungen, ſo lebhaft und ſchön wie im Leben darſtellt, wie ich Ihnen nachher zeigen werde, nachdem ich Ihnen die Beſchaffenheit des Inſtruments ſelbſt vorher näher erklärt haben werde.

Es ſey W, X, Y, Z Taf. II. Fig. 6. ein verfinſtertes Zimmer oder ein Kaſten, der auf allen Seiten geſchloſſen

iſt, ſo daß kein Licht Zutritt haben kann, als was durch die Linſe O hindurchgeht, deren Fokus ſo iſt, daß das Bild der Gegenſtände von auſſen genau auf die Wand falle.

In der Figur ſind blos, um Verirrung von zu vielen Linien zu vermeiden, drei Büſchel gezogen, einer von jedem Ende P, R, der andre aus der Mitte Q des Gegenſtands PQR, ſo wie von dieſen Büſcheln blos die Axe und die zwei äußerſten Strahlen gezogen worden ſind.

Indeſſen ſind der Strahlen, welche von irgend einem Punkte, (z. B. von P) auf die Linſe fallen, eine unzählbare Menge, indem der ganze koniſche Raum bPd damit angefüllt iſt. Dieſe werden alle in dem Brennpunkte p geſammelt und vereiniget, und hier auf das weiße Papier geworfen, die dann dadurch nach allen Richtungen reflektirt werden, ſo daß für einen Zuſchauer in dem Zimmer p jetzt gleichſam ein wahrer Gegenſtand wird, der genau dem phyſikaliſchen Punkte P nach dem Verhältniß wie Op zu OP ähnlich iſt, auch iſt p von der nämlichen Farbe wie P, weil die Strahlen, welche auf die Linſe von P fallen, in p deutlich und abgeſondert von den Strahlen vereinigt werden, die von andern Theilen des Gegenſtands herkommen.

Jeder andre phyſikaliſche Punkt des Gegenſtands ſendet gleichfalls ſeine Strahlenkegel, welche dann vermittelſt der Linſe ordentlich bei p, q, r vereiniget werden, und da ſie hier vermittelſt der Wand reflektirt werden, ſo wird das Bild des ganzen Gegenſtands deutlich und ſichtbar, wie ein Gemälde, welches auf eine Wand gezogen worden, und ungleich lebhafter und deutlicher als nur irgend das beſte Gemälde des größten Künſtlers ſeyn kann.

Wenn die Gegenſtände nach Verhältniß zur Fokallänge der Linſe ſehr entfernt ſind, ſo erhält man die Ab-

bildungen derjenigen, welche unter einerlei Nähe liegen, zu gleicher Zeit ſehr deutlich, wenn ſie auch nicht ganz in einerlei Entfernung von der Linſe liegen, weil in dieſem Falle die Fokalentfernungen der gebrochnen Strahlen blos unmerklich von einander verſchieden ſind.

Es werden ſo viele Brennpunkte auf dem Papiere ſeyn, als es leuchtende Punkte in dem Gegenſtande giebt, von welchem die Strahlen kommen, und dieſe Brennpunkte werden auf gleiche Art zu einander geordnet ſeyn, wie die leuchtenden Punkte. Diejenigen Brennpunkte werden am hellſten ſeyn, in denen die meiſten Strahlen vereiniget werden, ſo wie diejenigen am wenigſten helle ſeyn werden, wo die wenigſten Strahlen ſich vereinigen.

Nun werden die meiſten Strahlen in denjenigen Brennpunkten vereinigt, welche den leuchtenden Punkten entſprechen, von denen das meiſte Licht kommt, ſo wie die wenigſten in denjenigen Fokalpunkten geſammelt werden, welche von den leuchtenden Punkten kommen, die das wenigſte Licht geben. Es wird alſo Licht und Schatten auf dem Papiere dem Lichte und dem Schatten auf der Oberfläche des Gegenſtands entſprechen.

Wenn die Strahlen von dieſen Fokalpunkten durch das Papier reflektirt werden, und zum Auge des Zuſchauers gelangen, welcher auf das Papier ſieht, ſo wird er hier ein gleichförmiges Gemälde mit dem Gegenſtande erblicken; denn die Figur, welche von den Brennpunkten entſtanden, wird der Figur des Gegenſtands gleich ſeyn, weil die Fokalpunkte auf gleiche Art in Rückſicht zu einander geordnet ſind, als der Fall mit den leuchtenden Punkten der Gegenſtände iſt. Licht und Schatten auf dem Papiere verhalten ſich überall wie Licht und Schatten auf der Oberfläche des Gegenſtands. Und die Farbe eines jeden beſondern Theils in der ganzen Figur auf dem Papiere iſt mit der Farbe des korreſpondirenden Theils in dem Objekte einerlei.

Wenn die Wand der Linſe näher gerückt wird, gegen x, oder weiter davon, als bis y, ſo wird das Gemählde vernichtet, weil die Strahlen, welche von den nebenliegenden Gegenſtänden kommen, anfangen dazwiſchen zu treten, und ſich damit zu vermiſchen, ſo wie die Strahlen von a mit denjenigen von P gemiſcht werden. Die Deutlichkeit des Gemäldes hängt, wie ich bereits bemerkt habe, ganz von der Trennung der jedem Punkte des Gegenſtandes zugehörigen Strahlen bei ihrem Auffallen auf die Wand ab. Wenn man die Wand von dem Fokus weiter und weiter entfernt, ſo wird das Gemälde immer mehr und mehr undeutlich, und verſchwindet endlich ganz, ſo daß kein Theil von dem übrigen mehr zu unterſcheiden iſt: denn alle Strahlen, welche von den verſchiedenen Punkten kommen, müſſen wieder zu eben ſo viel correſpondirenden Punkten gehen, wenn ſie ein vollſtändiges Bild des Gegenſtandes darſtellen ſollen. Die Helle des Gemäldes, wenn deſſen Abſtand von der Linſe gegeben iſt, verhält ſich wie die Fläche der Linſe. Die Deutlichkeit des Gemäldes iſt nicht einerlei mit deſſen Helle, auch iſt die Verwirrung der Theile nicht einerlei mit deſſen Dunkelheit.

Das Gemälde kann nach allen ſeinen Theilen deutlich ſeyn; die Strahlen, welche von einem und dem nämlichen Punkte des Gegenſtandes kommen, können genau in einen und den nämlichen Punkt auf dem Papier geſammelt werden, und doch wird, wenn nur wenige Strahlen durch die Linſe gehen können, das Gemälde blaß erleuchtet ſeyn; oder wenn auch das Gemälde verwirrt ſeyn ſollte, welches der Fall iſt, wenn der Schirm nicht in der erforderlichen Entfernung von der Linſe ſteht, oder wegen irgend einer andern Urſache, ſo wird doch, wenn nur viele Strahlen durch die Linſe gehen, das Gemälde helle ſeyn, ohnerachtet es übrigens verworren iſt.

Sie ſehen hieraus, daß die Helligkeit des Gemäldes in jedem Theile von den Strahlen abhängt, welche zu dieſem Theile gelangen, und daß das Gemälde helle oder blaß ſeyn wird, je nachdem es von mehr oder weniger Strahlen gebildet wird. Nun iſt die Menge des Lichts, oder die Anzahl von Strahlen, welche von einem gegebenen Gegenſtande in das Zimmer gelangen, nach dem Verhältniſſe größer oder geringer, als die Oefnung, wodurch ſie eindringen, größer oder geringer iſt, oder je nachdem die Fläche der Linſe größer oder kleiner iſt.

Der Fuß des Kreuzes wird bei r, und die Spitze bei p ſeyn, denn jeder Gegenſtand muß an dem Orte vorgeſtellt werden, wo eine Linie hinfällt, die von dem Gegenſtande durch die Mitte der Linſe gezogen wird: folglich wird dasjenige, was oberhalb iſt, unterhalb vorgeſtellt werden; Gegenſtände zur Rechten werden in dem Gemälde zur Linken geſehen werden.

Warum das Bild umgekehrt werde, wird man aus der bloßen Anſicht der Figur leicht einſehen, ſo wie es gleichfalls deutlich iſt, daß dieſe Umkehrung nicht ſchlechterdings unbedingt von der Linſe herkommt; denn obſchon dieſe weggenommen und das Licht durch eine kleine Oefnung in dem Fenſterladen eingelaſſen würde, ſo werden wir doch, wie Sie zu Anfange dieſer Vorleſung ſahen, ein umgekehrtes Gemälde auf der Wand haben, nur daß es ſehr unvollkommen ſeyn wird, wenn man es mit demjenigen vergleicht, welches vermittelſt einer Linſe gebildet wird. Die verſchiedenen Büſchel kreuzen einander in beiden Fällen, allein ohne die Linſe iſt das Gemälde ſehr blaß und undeutlich, erſteres aus Mangel eines zureichenden Lichts, da ſo viele Strahlen von jedem Punkte nicht zuſammen geſammelt werden können, letzteres weil die Strahlen, welche von den nahe gelegenen Gegenſtänden ausgehen, ſich mit einander vermiſchen.

Wir wollen nunmehr fortfahren, die ſcioptriſche Kugel oder das Ochſenauge näher zu unterſuchen. Um ſich derſelben zu bedienen, müſſen die Fenſter des Zimmers genau geſchloſſen, und alle etwannigen Riſſe vollkommen verſtopft werden, wie wir hier gethan haben, wo wir Tuchſtreifen darüber genagelt; wird nun der Schieber aufgeſchoben, ſo haben wir eine Oefnung in dem Fenſterladen, welche hinreichend groß iſt, daß die Kugel ſich frei darin bewegen kann: hier wollen wir nun unſer Inſtrument anſchrauben, welches aus drei Theilen beſteht, einem Rahmen, einer Kugel und einer Linſe. Die flache Seite des Rahmen wird dichte an den Fenſterladen angelegt; der Rahmen beſteht aus zwei Theilen: dem flachen Brete, worin eine Oefnung iſt, und einer Schraube, woran ein Ring geſchraubt werden kann, in welchem die Kugel liegt; ſie bewegt ſich mit mehr oder weniger Freiheit, je nachdem dieſer Ring mehr oder weniger feſt geſchraubt worden iſt; die Kugel hat eine große zilindriſche Oefnung an jedem Ende, in welche eine Schraubenmutter geſchnitten worden, um eine Linſe aufzunehmen, die in ein Lager paßt. Durch die Bewegung der Kugel kann die Axe der Linſe auf verſchiedene Art gedrehet werden; und die Sphärizität des Rahmen und der Kugel verhindert alles Licht, was etwa dazwiſchen durchgehen dürfte. Man bedient ſich insgemein zweier Linſen von verſchiedenen Fokallängen; gebraucht man beide zuſammen, ſo erhält man eine dritte, welche einen kürzern Fokus hat, als jede einzeln. Auch gehört dazu eine papierne Wand, und ein halbpolirtes Glas nebſt gehörigen Unterlagen, um jedes einzeln genau in den Fokus zu ſetzen, indem man alles ſo lange hin und her bewegt, bis das Gemälde eine vollkommne Deutlichkeit erlangt hat.

Dieſes Inſtrument kann als eine Art von künſtlichem Auge angeſehen werden; der Rahmen ſtellt einen Theil der Augenhöle, und die hölzerne Kugel,

welche nach allen Richtungen in demſelben bewegt werden kann, den in ſeiner Höle überall hin beweglichen Augapfel vor. Die Oefnung in der Kugel ſtellt die Pupille des Auges vor, die konvexe Linſe entſpricht der kriſtalliniſchen Feuchtigkeit, und der Schirm iſt die Netzhaut; alles dieſes werden Sie indeſſen beſſer einſehen können, wenn wir dahin kommen werden, wo ich Ihnen die Beſchaffenheit des Sehens näher erklären werde. Ich befeſtige die ſcioptriſche Kugel an ihrem Ort, verfinſtere das Zimmer, und ſetze ſodann den Schirm in den gehörigen Abſtand von der Linſe.

Sie ſehen, welches ſchöne und lebhafte Gemälde von allen Gegenſtänden vor dem Fenſter auf dem Schirme dargeſtellt wird. Es kann ganz eigentlich ein Naturgemälde genannt werden. Hier haben Sie die Perſpektive in ihrer ganzen Vollkommenheit, oder eine genaue Verjüngung der Gegenſtände nach Maßgabe der Entfernungen, indem alle Bilder mit der ſcheinbaren Größe der Gegenſtände, welche von einem Auge in der Oefnung im Fenſter geſehen werden können, in Verhältniß ſtehen. Die Farbengebung iſt hier genau und natürlich, die Lichter und Schatten vollkommen angemeſſen, und die Bewegungen aller Gegenſtände aufs genaueſte und richtigſte ausgedrückt. Die Blätter zittern, die Aeſte ſchwanken, die Vögel fliegen u. ſ. f. wie in der Natur ſelbſt, obſchon ungleich thätiger, und im kleinen. Vermöge der Kamera obſkura kann der Mahler ſeine Unvollkommenheiten ſtudieren; er kann gewiſſermaßen hierdurch ſehen, was er thun ſoll, und lernen, was er nicht auszuführen vermögend iſt.

Bemerkungen über die ſcioptriſche Kugel.

Wenn alle übrigen Umſtände einerlei bleiben, ſo ſind die Gemälde von Gegenſtänden, welche nahe liegen, ohngefähr innerhalb 5, 10, oder 20 Ellen ungleich lebhafter als

ſolche, welche entfernter ſind. Allgemein werden Gemälde deutlicher und angenehmer ſeyn, wenn die Gegenſtände unter ſolchen mäßigen Entfernungen nach Verhältniß der Fokallänge der Linſe ſich befinden, um kleine Theile, als die Geſichtszüge einer Perſon, die Ziegeln eines Hauſes u. ſ. f. darzuſtellen. Wenn das Licht auſſerhalb günſtig iſt, und der Zuſchauer einige Zeit im Dunkeln geweſen, ſo iſt es erſtaunend, wie deutlich und ſchön Gegenſtände erſcheinen werden, die ohngefähr eine Verjüngung von 20 oder 30 mal erleiden, ſo wie denn eine Perſon erkannt werden kann, wenn ihre Geſichtszüge nicht ſtärker ſind als in dieſem Verhältniſſe. Die Lichter und Tinten ſind ausgeſucht fein und vollkommen genau, und die Erhebungen und Vertiefungen der Gegenſtände in dem vortreflichſten Uebergange. Eine entfernte Ausſicht erſcheint vollkommen richtig, ob ſie ſchon kein ſo unterhaltendes Gemälde macht.

Alles Licht muß entzogen werden, auſſer was durch die Linſe einfällt; denn je dunkler das Feld ringsum iſt, deſto heller erſcheinen die Gegenſtände, ſo wie z. B. die Sterne in einer finſtern Nacht. Auch muß der Zuſchauer ſelbſt im Finſtern ſeyn, wenigſtens ſo lange als er auf das Gemälde ſieht; denn auf dieſe Art vergrößert ſich die Pupille des Auges, wodurch ebenfalls die ſcheinbare Helligkeit des Gemäldes vermehrt wird; auch müſſen, da alles äußere Licht ausgeſchloſſen iſt, die Eindrücke auf der Netzhaut um ſo lebhafter und auffallender werden. Die Gegenſtände müſſen ferner gehörig erleuchtet ſeyn, weil auſſerdem die Gemälde ſtumpf und dunkel werden. Sie müſſen ſie daher niemals anwenden, als nur an einem hellen Tage, und beſonders, wenn die Sonne die Gegenſtände erleuchtet, d. i. wenn der Proſpekt weſtlich liegt, ſo wird er ſich früh am vortheilhafteſten ausnehmen, iſt er öſtlich, Nachmittags, oder nördlich, um Mittagszeit; ein ſüdlicher Proſpekt iſt für die Kamera obſkura der am übelſten gelegene.

Die Linſe muß die erforderliche Oefnung erhalten; iſt die Oefnung zu geringe, ſo wird das Gemälde dunkel, folglich undeutlich und unangenehm. Iſt hingegen die Oefnung zu groß, ſo wird das Gemälde wegen der Abirrung der äußerſten Strahlen, wovon wir in der Folge reden werden, undeutlich, ſo wie gleichfalls, weil das Gemälde durch das fremde anderwärts in das Zimmer tretende Licht zu ſehr erleuchtet, und hierdurch undeutlich und verſtümmelt wird.

Die Oefnungen geſtatten einige Breite, und können mehr oder weniger verengert werden, je nachdem die Gegenſtände mehr oder weniger erleuchtet ſind, oder der Linſe näher oder entfernter liegen. Nach Herrn Harris iſt bei einem hellen Tage, und wenn die Sonne ſchief auf die Gegenſtände fällt, für eine Linſe von 18 Zoll Fokus eine Oefnung von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll die vorzüglichſte, je nachdem die Witterung ſich ändert; war der Himmel trübe und wolkig, ſo fand er eine Oefnung von $1\frac{1}{4}$ Zoll am beſten; wenn die Sonne ſchien, wirkte bei einer Linſe von 30 Zoll Fokus eine Oefnung von $1\frac{1}{4}$ Zoll am beſten, und vertrug nicht mehr als $1\frac{3}{4}$ Zoll.

Nach jedem Verſuche, das Gemälde zu verſtärken, wird ſich die ſcheinbare Helligkeit in dem Verhältniß vermindern, wie das Quadrat der Fokallänge der Linſe vermehrt wird. Denn dieſe ſcheinbare Helligkeit wird beinahe ſeyn, wie die Dichtigkeit des Lichts in dem Gemälde dividirt durch die Dichtigkeit des zufälligen Lichts in dem Zimmer; und welches auch die Fokallänge der Linſe ſeyn mag, ſo wird immer die Dichtigkeit des zufälligen Lichts beinahe ſeyn, wie das Quadrat der Linear-Apertur der Linſe. Um nun dieſelbe Dichtigkeit zu erhalten, muß die Oefnung ſeyn, wie die Fokallänge der Linſe.

In einigen Fällen kann die Breite des Gemäldes ohngefähr zwei Dritthelle ihrer Entfernung von der Linſe ſeyn, und auch wohl mehr, wenn das Papier etwas kon-

kav gemacht wird, d. i. das Gemälde kann ein Feld von beinahe 40 Graden einnehmen; allein in den meiſten Fällen wird, wenn das Feld ſo groß iſt, das Gemälde in der Mitte deutlicher, als gegen den Rand, und daher ſollte es ſelten einen Winkel von 20 bis 30 Grad überſteigen.

Ein Glas, deſſen beide Seiten flach, und beinahe parallel geſchliffen ſind, wird, wenn deſſen eine Seite polirt iſt, die Bilder der Gegenſtände ungleich lebhafter und deutlicher darſtellen, als durch die Reflexion von dem Papiere u. ſ. f. geſchieht. Die Strahlen werden in dieſem Falle nicht ſo ſehr zerſtreut, als es durch die Reflexion von der dunkeln Oberfläche geſchieht; auch ſchadet das fremde Licht weniger, da keines zugelaſſen wird, als was etwa auf das Glas fällt, und durchgeht. Man erhält daher ſchon ein gutes Gemälde von einer ungleich tiefern oder flachern Linſe, als man auf dem Papiere hat.

Die umgekehrte Stellung der Bilder in einer Kamera obſkura, die aber bei tragbaren Inſtrumenten wegfällt, iſt freilich eine Unvollkommenheit, da ein umgekehrtes Gemälde bei weiten nicht ſo angenehm iſt, als ein aufrechtes, und eine Perſon kann in einer verkehrten Lage nicht ſo genau erkannt werden, als wenn das nämliche Bild in ſeiner gehörigen Stellung ſich befindet. Allein wenn Sie einen Spiegel nehmen, und ihn mit der Fläche gegen das Gemälde vor ſich halten, und unterwärts neigen, ſo werden die Bilder in dem Spiegel aufrecht, und mit einem ungleich größern Glanze als auf dem Schirme erſcheinen; oder man kann auch einen kleinen Spiegel vor oder hinter die Linſe legen, um die Strahlen zu beugen, ehe ſie zu dem Bilde gelangen. *)

*) Um ein ganz vollkommnes Bild zu erhalten, hat man auch wohl dunkle Kammern von mehrern Gläſern, ſo wie in dieſer Rückſicht die ſogenannte Camera clara hieher gerechnet werden kann. G.

Von der Zauberlaterne.

Die Zauberlaterne wird insgemein angewendet, um kleine Gemälde in einem finſtern Zimmer zur Beluſtigung für Kinder zu vergrößern: allein wir werden ſehen, daß ſie zu weit wichtigern Abſichten angewendet werden kann, zur Erklärung der allgemeinen Grundſätze der Optik, Aſtronomie, Botanik u. ſ. f.

Die Einrichtung und Theorie dieſes Inſtruments iſt ſehr leicht; ſie beſteht aus einer blechernen Laterne mit einem Rohre, welches vorwärts daran befeſtiget worden; dieſes Rohr iſt doppelt, deren eines ſich in das andere ſchieben läßt, ſo daß wenn man das äußere Rohr heraus zieht, oder hineinſchiebt, das Rohr verlängert oder verkürzt werden kann. Am Ende dieſes beweglichen Rohrs iſt eine konvexe Linſe eingelegt; das Gemälde, welches mit durchſichtigen Farben auf Glas gemahlt worden iſt, wird in eine Fuge eingelegt, welche ſich in dem unbeweglichen Theil des Rohrs befindet, ſo daß je nachdem das Rohr verlängert oder verkürzt wird, die Linſe dadurch einen größern oder geringern Abſtand von dem Gemälde erhält. Innerhalb der Röhren, uud ſo nahe an der Laterne als möglich, wird eine ſtarke konvexe Linſe eingelegt, um ein ſtarkes Licht von der Lampe auf den Gegenſtand zu werfen.

Innerhalb der Laterne Taf. III. Fig. 2. befindet ſich eine Lampe L, deren Licht durch die plankonvexe Linſe NKL geht, und den Gegenſtand QR ſtark erleuchtet, welcher ein durchſichtiges Gemälde auf Glas iſt, das umgekehrt und vor der Linſe KL mittelſt eines Rahmen, worin es befeſtiget worden, ſich hin und her ſchieben läßt. Die Erleuchtung wird öfters vermittelſt eines konkaven Spiegels verſtärkt, welcher am hintern Theile der Laterne befeſtiget worden. So wie nun, wenn der Gegenſtand gehörig erleuchtet worden iſt, die Linſe ST etwas weiter von dem

Gegenſtande QR entfernt wird, als ihr Fokalabſtand beträgt, ſo wird eine Vorſtellung in einer großen Entfernung auf der gegenüberſtehenden Wand erfolgen, und das Bild VW wird um ſo viel größer als der Gegenſtand QR ſeyn, als der Abſtand ZO größer iſt als ZG. So wie ferner die Linſe ST weiter vor oder zurück in dem Rohre tritt, wird auch das Bild VW je nach dem Abſtande der gegenüberſtehenden Wand größer oder kleiner ſeyn.

Um das Bild vollkommen deutlich zu erhalten, darf kein Licht darauf fallen, außer was durch die Linſe geht; daher muß auch das Zimmer verfinſtert werden. Die Linſe muß beträchtlich konvex ſeyn, damit der Gegenſtand ſehr nahe dabei iſt; denn Sie haben geſehen, daß je näher der Gegenſtand der Linſe iſt, um deſto entfernter davon und deſto größer auch das Bild iſt. Weil ferner das Bild umgekehrt erſcheint, ſo muß, damit das Gemälde an der Wand oder auf dem Schirme aufrecht erſcheint, der Gegenſtand verkehrt geſtellt werden. *)

Fernere Bemerkungen über die Eigenſchaften der konvexen Linſen.

Man bedient ſich der konvexen Linſen, um nach Gegenſtänden zu ſehen, in welcher Rückſicht wir hier ihre Beſchaffenheit noch etwas näher unterſuchen müſſen. Ich habe Ihnen bereits geſagt, daß, wenn ein Gegenſtand ſehr entfernt iſt, das Bild in dem Fokus des Glaſes erſcheine; und daß das Bild weiter von der Linſe entſtehe, je nach Verhältniß, als der Gegenſtand ſich näher dabei befindet;

*) Einer andern Einrichtung für wirkliche Objekte erwähnt Euler in ſeinen Briefen an eine deutſche Prinzeſſin. G.

ſo daß, wenn der Gegenſtand in dem Fokalabſtande der Linſe liegt, das Bild in eine unendliche Entfernung tritt. Aus dieſem Grunde werden die Strahlen ON, ON Taf. II. Fig. 8. welche auf den Punkt O fallen, durch das Glas ſo gebrochen, daß ſie gegen einander parallel werden wie NF und NF; da nun parallele Linien als bis zu einer unendlichen Entfernung fortlaufend angeſehen werden können, und da das Bild jederzeit da iſt, wo die Strahlen, welche von dem Gegenſtande ausfahren, nach der Refraktion vereiniget werden; ſo wird in dem Falle, wo der Abſtand OA des Gegenſtandes der Brennweite des Glaſes gleich iſt, das Bild bis zu einer unendlichen Entfernung verſetzt. Da es gleichgültig iſt, ob die parallelen Linien NF, NF rechter oder linker Hand fallen, ſo kann das Bild als auf einer von beiden Seiten befindlich angeſehen werden, nur in einer unendlichen Entfernung. Hieraus werden Sie leicht ſchließen können, wo das Bild gefunden wird, wenn der Gegenſtand innerhalb der Brennweite der Linſe liegt.

OP Taf. II. Fig. 10. ſey der Gegenſtand: da nun der Abſtand OA deſſelben von der Linſe geringer iſt als der Fokalabſtand, ſo werden die Strahlen Om, Om, welche von dem Gegenſtande ausgehen, zu divergent, um durch die Refraktion parallel gemacht werden zu können, ſondern ſie fahren divergirend fort, wie NF, NF, nachdem ſie durch das Glas gegangen, nur weniger als vorher, ſo daß durch Verlängerung derſelben auf der andern Seite der Linſe, ſie irgendwo, wie in o, zuſammentreffen werden; folglich folgen NF, NF nach der Refraktion der nämlichen Richtung, als ob ſie von dem Punkte o kämen, und ein Auge, welches dieſe Strahlen erhält, wird ſie anſehen, als ob ſie von o kämen, und wird glauben, daß der geſehene Gegenſtand bei o ſey: indeſſen entſteht kein Bild bei o, ſo wie Sie denn vergeblich eine Wand daſelbſt aufrichten würden, um darauf vorgeſtellt zu werden.

Allein ein Auge bei E erhält den nämlichen Eindruck als ob der Gegenſtand OP in o ſich befände. Es iſt daher von Wichtigkeit in ſolchen Fällen, die Größe und den Ort des eingebildeten Bildes op zu wiſſen. In Rückſicht des Orts wird es hinreichend ſeyn, wenn ich blos bemerke, daß wenn der Abſtand von dem Gegenſtande AO dem Fokalabſtande des Glaſes gleich wäre, das Bild in einer unendlichen Entfernung ſeyn würde: allein daß, ſo wie der Gegenſtand zur Linſe gebracht wird, um ſo mehr ſich auch das eingebildete Bild dem Glaſe nähere, indeſſen übertrift der Abſtand deſſelben jederzeit denjenigen des Gegenſtands vom Glaſe.

Um dieſes durch ein Beiſpiel zu erläutern, wollen wir annehmen, der Fokalabſtand des Glaſes ſey 6 Zoll; dies vorausgeſetzt wird die folgende Tafel Ihnen die Entfernungen des Gegenſtands ſo wohl als den korreſpondirenden Abſtand des eingebildeten Bildes op angeben.

Abſtand des Gegenſtands AO.	Abſtand des eingebildeten Bildes Ac.
6	Unendlich.
5	30
4	12
3	6
2	3
1	$1\frac{1}{5}$

Die Regel, um die Größe des eingebildeten Bildes op zu finden, iſt leicht und allgemein. Man ziehe eine Linie CPp durch das Ende des Gegenſtands, und durch den Mittelpunkt des Glaſes c, und bei p, wo ſie die auf die Axe des Glaſes ſenkrechte Linie op trift, werden Sie op für die Größe des eingebildeten Bildes finden: woraus Sie ſehen, daß dieſes Bild jederzeit größer als der Gegenſtand iſt, und zwar nach Verhältniß, als ſein Abſtand

von dem Glaſe denjenigen des Gegenſtands von dem Glaſe übertrift, ſo wie Sie auch zugleich ſehen, daß das Bild nicht umgekehrt iſt.

Aus dieſen Bemerkungen werden Sie nun leicht den Nutzen konvexer Linſen für Perſonen einſehen, welche nahe Objekte nicht deutlich ſehen, ſondern blos ſolche, welche in einiger Entfernung liegen; denn vermittelſt dieſer Gläſer ſehen ſie nahe Gegenſtände, als ob ſie ſich in einiger Entfernung befänden.

Von konkaven Gläſern.

So wie erhabne Gläſer machen, daß die Strahlen des Lichts konvergiren und ſich vereinigen, ſo verurſachen die hohlen, daß die Strahlen ſich trennen und divergiren. Daher werden auf ein Hohlglas fallende divergirende Strahlen noch mehr divergiren, nachdem ſie durch daſſelbe gegangen, als ſie vorher thaten; ſo wie ſolche Strahlen, welche vor ihrem Einfalle konvergiren, nach ihrem Durchgange weniger konvergiren werden, weil ihre Wirkung genau derjenigen konvexer Linſen gerade entgegen iſt.

Wir wollen jetzt ihre Wirkungsart in der Figur betrachten. OP Taf. II. Fig. 12. ſey ein Gegenſtand in einer großen Entfernung, daß alſo die Strahlen OM, OM als parallel angeſehen werden können. Durch ihr Fallen auf das Hohlglas werden ſie divergenter und gehen in den Richtungen NF, NF fort, als ob ſie von dem Punkte o gekommen, ob ſie ſchon wirklich von O kommen.

Da die Strahlen als parallel angeſehen werden, ſo würde, wenn das Glas konvex geweſen wäre, o der Fokus geweſen ſeyn; allein da kein wirkliches Zuſammenſtoßen

der Strahlen Statt findet, ſo heißt dieſer Punkt der eingebildete Fokus der konkaven Linſe, und bisweilen auch der Zerſtreuungspunkt, weil die gebrochnen Strahlen von dieſem Punkte aus zu divergiren ſcheinen.

Konkave Gläſer haben daher keinen wirklichen Fokalpunkt, ſondern einen blos eingebildeten, deſſen Abſtand Ao gleichwohl der Fokalabſtand genannt wird.

Wenn der Gegenſtand OP ſich in einer unendlichen Entfernung befindet, ſo wird das eingebildete Bild op in dem Fokalabſtande der konkaven Linſe vorgeſtellt, und zwar auf der nämlichen Seite wo der Gegenſtand; allein obſchon dieſes Bild eingebildet iſt, ſo iſt die Empfindung im Auge doch die nämliche, als ob die Strahlen aus dieſem Punkte kämen.

Wenn der Gegenſtand dem Glaſe näher iſt, ſo nähert ſich ihm auch das Bild op, doch ſo daß das Bild jederzeit dem Glaſe näher iſt als dem Gegenſtande; dahingegen es bei konvexen Gläſern weiter von der Linſe entfernt iſt als der Gegenſtand. Um dies anſchaulicher zu machen, wollen wir annehmen, daß der Fokalabſtand der konkaven Linſe 6 Zoll ſey, ſo wird alsdenn ſeyn

Der Abſtand des Objekts OA	Abſtand des Bildes OA
Unendlich.	6
30	5
12	4
6	3
3	2
2	$1\frac{1}{2}$

Die Größe des Bildes wird durch die nämliche Regel, welche ich Ihnen vorher gab, beſtimmt: denn ziehe ich eine Linie von dem Mittelpunkte des Glaſes bis zum Ende des Gegenſtands, ſo wird ſie durch p, das Ende des

Bilds, gehen. Dies Bild iſt nicht umgekehrt. Auch iſt es eine allgemeine Regel, daß das Bild jederzeit aufrecht ſteht, wenn es ſich an der nämlichen Seite des Glaſes mit dem Gegenſtande befindet. Die Figur zeigt deutlich, daß bei konkaven Gläſern das Bild jederzeit kleiner iſt als der Gegenſtand.

So können Sie nunmehr einſehen, warum hohle Gläſer Perſonen mit einem kurzen Geſichte, oder ſolchen, welche blos nahe Objekte deutlich ſehen, dienlich ſind: denn ſie ſtellen ihnen entfernte Gegenſtände ſo vor, als ob ſie wirklich ſehr nahe wären.

Ein Meniſkus hat die Eigenſchaften einer konvexen Linſe, wenn der innere Halbmeſſer der größere, und einer konkaven, wenn er der kleinere iſt. Sind beide Oberflächen konzentriſch, ſo hat er von keiner von beiden die Eigenſchaften: denn die Strahlen laufen alsdann parallel fort. Iſt der Radius der Konvexität kleiner als der Radius der Konkavität, ſo wird alsdann der Meniſkus alle Eigenſchaften einer konvexen Linſe von dem nämlichen Fokalabſtande haben. Iſt aber dagegen der Radius der Konkavität kleiner als der Radius der Konvexität, ſo wird der Meniſkus alle Eigenſchaften einer konkaven Linſe beſitzen, deren Fokalabſtand der nämliche iſt.

Wenn irgend ein kleiner Gegenſtand, oder irgend ein Punkt dieſes Gegenſtands durch refraktirtes Licht geſehen wird, ſo erſcheint er in der Richtung der Linie, welche die Strahlen nach ihrer letzten Brechung beſchreiben.

Wenn die Strahlen, welche von irgend einem kleinen Gegenſtande kommen, durch ein Glasprisma gehen, wovon ACB Taf. III. Fig. 6. ein Abſchnitt iſt, ſo wird der Strahl DE, wenn er in das Prisma eintritt, gegen das

Einfallsloth gebrochen und die Linie EF beſchreiben; und wenn er aus dem Glaſe herausgeht, ſo wird er von dem Einfallslothe ab in die Linie FG gebrochen werden, welche die Richtung deſſelben nach ſeiner letzten Brechung iſt, und der Gegenſtand D wird bei L anſtatt bei D geſehen werden: denn in dieſen, und allen andern Fällen der nämlichen Art wird das Bild des Gegenſtands auf der Netzhaut an dem nämlichen Orte ſeyn, an welchem es geweſen wäre, wenn das Auge wirklich auf einen Gegenſtand geſehen, der bei L gelegen, weil die Strahlen in die nämliche Richtung gebrochen werden, als ob ſie urſprünglich aus L gekommen wären.

Wir ſehen alſo hieraus, warum ein Gegenſtand, welcher durch ein Rautenglas, oder durch ein Glas geſehen wird, welches verſchiedene Oberflächen hat, die geneigt gegen einander liegen, bei jedem Blicke an verſchiedenen Orten erſcheint. Wenn der Gegenſtand F Taf. III. Fig. 7. durch das Glas abcd vermöge des Strahls AB, welcher durch die Oberfläche cb geht, geſehen wird, ſo wird der Gegenſtand von dem Auge bei A bei B geſehen werden; der Strahl Dd geht durch die Oberfläche cd, und kommt, wenn er gebrochen worden, zu dem Auge in der Richtung AD, als ob er von D käme; der Gegenſtand ſcheint daher in D zu ſeyn. Aus dem nämlichen Grunde erſcheint er durch die Oberfläche ab bei C; der Gegenſtand wird folglich ſoviel mal erſcheinen, als es ſolche Oberflächen auf dem Glaſe giebt, deren jede den nämlichen Gegenſtand an einem verſchiedenen Orte zeigt. Wenn ein ſolches Glas vor dem Auge bewegt wird, ſo werden die Gegenſtände auf der andern Seite ſich gleichfalls zu bewegen ſcheinen, weil die Lage des Strahls, wodurch der Gegenſtand geſehen wird, ſich bei jeder Bewegung des Glaſes verändert.

Beim Sehen durch gebrochene Lichtſtrahlen iſt es nicht der Gegenſtand ſelbſt,

den wir ſehen, ſondern das letzte Bild deſſelben, welches aus allen eingebildeten leuchtenden Punkten beſteht, von woher die Strahlen nach ihrer letzten Brechung zu divergiren ſcheinen. Um deutlicher einzuſehen, was ich hier unter dem letzten Bilde verſtehe, ſo ſey Taf. III. Fig. 12. ein Gegenſtand, welcher einer konvexen Linſe näher, als ihr Hauptfokus liegt. Die Strahlen, welche von irgend einem Punkte b in dieſem Objekte divergiren, werden, ſo wie ſie durch die Linſe gehen, weniger divergirend gemacht, und der eingebildete leuchtende Punkt wird entfernter ſeyn, als der wirkliche. So werden die Strahlen bg, bl, nachdem ſie durch die Linſe gegangen ſind, ſich nicht gerade vorwärts in den Linien gk, lp fortpflanzen, ſondern ſie werden in die weniger divergirenden Richtungen gm, ln gebrochen, als ob ſie aus dem eingebildeten Strahlenpunkte e gekommen wären, welcher entfernter iſt, als der wirkliche b. Das nämliche erfolgt mit den Strahlen, welche von a oder c, oder irgend einem andern Punkte in dem Objekte kommen, ſo daß irgendwo hinter der Linſe, als bei df ſo viele eingebildete leuchtende Punkte ſeyn werden, als es wirkliche in dem Objekte ſelbſt giebt. Alle dieſe eingebildete helle Punkte zuſammengenommen machen nun das letzte Bild; und weil alle Strahlen auf das Auge fallen, als ob ſie von dieſem letzten Bilde divergirten, ſo wird das Auge von dem Gegenſtande abc genau auf gleiche Art gerührt werden, wenn es durch die Linſe ſieht, als es ohne die Linſe von einem Gegenſtande gerührt werden würde, der in jeder Rückſicht gleich def iſt, oder als es durch das letzte Bild geſchehen würde, wenn das letzte Bild ohne die Linſe ſichtbar gemacht werden könnte; und weil das Auge gerührt wird, wenn es durch die Linſe ſieht, als ob def der Gegenſtand wäre, nicht aber abc, ſo ſagen wir daher, daß nicht der Gegenſtand ſelbſt, ſondern ſein letztes Bild geſehen werde.

Dies iſt allgemein wahr; beim Sehen durch gebrochene Lichtſtrahlen wird das Auge von den Lichtſtrahlen nach ihrer Refraktion ſo gerührt, als ob ſie nicht von dem Objekte ſelbſt, ſondern von deſſen letztem Bilde gekommen wären, welches aus allen den eingebildeten leuchtenden Punkten beſteht, von woher die gebrochnen Strahlen zu der Zeit zu divergiren ſcheinen, wenn ſie auf das Auge fallen.

Die Fokallänge der Linſen durch Verſuche zu finden.

1) Wenn die Fokallänge der Linſe nicht über zwei oder drei Fuß groß iſt, ſo kann ſie dadurch gefunden werden, daß man die Linſe in einer ſolchen Entfernung von der dem Fenſter gegenüberſtehenden Wand hält, daß das Bild des Fenſterrahmen deutlich auf der Wand vorgeſtellt wird. Dieſer Abſtand kann als die Fokallänge der Linſe angeſehen werden. Iſt hingegen die Fokallänge groß, ſo muß man alsdann den Fokus nach folgender Regel berechnen.

Regel.

Man meſſe den Abſtand zwiſchen der Linſe und dem Gegenſtand, ſo wie auch von dem Bilde, multiplizire dieſe Entfernungen mit einander, und dividire das Produkt durch ihre Summe; der Quotient giebt dann den Fokalabſtand. Oder das Quadrat der Entfernung des beobachteten Fokus, dividirt durch die Entfernung des Gegenſtands vom Bilde wird den Ueberſchuß des beobachteten Fokus über die wahre Fokalentfernung geben.

2) Man kann den Fokus finden, wenn man ein Licht zum Gegenſtande wählt. Bewegt man nun die Linſe oder das Licht, und das Papier, worauf das Bild geworfen wird, ſo, daß wenn das Bild am deutlichſten iſt, die Linſe

ſich genau zwiſchen den beiden andern befinde; ſo iſt die Hälfte der Entfernung zwiſchen dem Objekte oder deſſen Bilde, und der Linſe der Fokalabſtand.

3) Wenn eine kleine Oefnung von ohngefähr dem vierten oder dem achten Theile eines Zolls in den Fenſterladen eines verfinſterten Zimmers gemacht, und eine Linſe und ein Papier hinter dieſer Oefnung in gehörigen Entfernungen gehalten werden, ſo kann der Ort, wo das Bild der Oefnung am deutlichſten iſt, ſehr genau beſtimmt, und hieraus die Fokallänge nach der vorhergehenden Regel gefunden werden.

4) Vermittelſt des Bilds der Sonne. Man ſtelle die Linſe ſo, daß ihre Axe ſo genau als möglich gegen die Sonne gerichtet ſey; ſodann halte man ein Blatt Papier gegenüber, ſo wird der Brennraum, oder wo das Bild der Sonne am kleinſten, und der Limbus am deutlichſten iſt, der Fokus ſeyn. Dieſes Verfahren iſt für Brillen- und Leſegläſer, und für ſolche, welche in Verhältniß zu ihrer Fokallänge breit ſind, hinreichend genau; allein für Linſen von einem langen Fokus wird es nicht genau genug ſeyn, woferne ſie nicht hinreichend lang ſind, um die Sonnenflecke darzuſtellen, weil in dieſen Fällen das Bild blos ein Schimmer ohne Deutlichkeit iſt; indeſſen können dieſe Unbequemlichkeiten durch folgendes Verfahren gehoben werden.

5) Man bedecke die Linſe mit einer Pappe oder mit Papier, und mache hierein unter einer gleichen Entfernung von dem Rande der Linſe, und auf einen ihrer Durchmeſſer zwei runde Oefnungen. So bedeckt richte man die Axe der Linſe gegen die Sonne: wenn nun ein Papier hinter die Linſe gahalten wird, ſo nähern ſich die zwei Kreiſe, oder weißen Flecke, welche von den beiden Oefnungen gemacht werden, einander immer mehr, ſo wie das Papier weiter

abgehalten wird; endlich fließen ſie ſelbſt zuſammen; und wird das Papier noch weiter entfernt, ſo trennen ſie ſich wieder. Die Entfernung des Papiers von dem Glaſe, wenn die Kreiſe ſich mit einander vereiniget haben, wird ſodann gemeſſen, und giebt den geſuchten Fokalabſtand.

Die Fokallänge einer konkaven Linſe zu finden.

Man bedecke die Linſe mit Papier, in welches man zwei kreisförmige Oefnungen gemacht hat, und auf dem Papiere, worauf das Licht geworfen werden ſoll, beſchreibe man gleichfalls zwei kleine Kreiſe, allein ſo daß ihre Mittelpunkte zweimal ſo weit von einander entfernt ſind, als die Mittelpunkte der Oefnungen. Hierauf bewege man das Papier hin und her, bis die Mitte des durch die Oefnungen kommenden Sonnenlichts genau auf die Mitte der Kreiſe fällt. Dieſer Abſtand des Papiers von der Linſe wird dann die geſuchte Fokallänge ſeyn.

Den Fokus einer plankonvexen und einer plankonkaven Linſe zu finden.

Durch ähnliche Verſuche findet man 1) daß der Fokus eines plankonvexen, oder eines plankonkaven Glaſes dem Durchmeſſer ihrer konvexen oder konkaven Oberfläche gleich iſt, d. i. der ganzen Sphäre, der ſie zugehören.

2) Daß der Fokalabſtand eines doppelt konvexen oder doppelt konkaven Glaſes von gleichen Konvexitäten oder Konkavitäten dem halben Durchmeſſer einer von beiden ihrer Oberflächen, und folglich der Fokalabſtand eines Glaſes von ungleichen Konvexitäten oder Konkavitäten der

mittlern Länge von einem Durchmeſſer und Halbdurchmeſſer derjenigen Oberfläche gleich iſt, die am meiſten konvex oder konkav iſt.

Den Fokalabſtand einer Waſſer= oder Glaskugel zu meſſen.

Man nehme eine hohle Glaskugel, oder ſtatt derſelben eine dünne runde Flaſche, und klebe, nachdem man eine mäßig runde Oefnung von ohngefähr einem Zoll im Durchmeſſer in ein Stück braunes Papier gemacht hat, daſſelbige auf die eine Seite des Körpers der Flaſche. So wie man ſie nun mit Waſſer gefüllt hat, halte man die bedeckte Seite gegen die Sonne, daß die ſenkrechten Strahlen durch die Mitte des Waſſers gehen können, worauf die herausfahrenden Strahlen in einem Fokus ſich ſammeln werden, deſſen nächſter Abſtand von der Fläche dem Halbdurchmeſſer des Körpers der Flaſche gleich ſeyn wird, welches man auch ſogleich ſieht, wenn man die Strahlen auf einem Papiere in dieſer Entfernung auffängt. Daß dieſe Wirkung von dem Waſſer, und keineswegs vom Glaſe herkomme, ergiebt ſich, wenn man die Flaſche leer macht, wo das Licht, welches alsdann durch die Oefnung fällt, ſo breit als die Oefnung ſelbſt ſeyn wird, in welchen Entfernungen man auch das Papier von der Flaſche halten mag. Wenn ein ähnlicher Verſuch mit einer dichten gläſernen Kugel angeſtellt wird, ſo findet man den Fokus von dem naheſten Theile der Kugel um den vierten Theil ihres Durchmeſſers entfernt.

Den Vertex oder das Centrum einer Linſe zu finden.

Man halte die Linſe in einer gehörigen Entfernung von dem Auge, und beobachte die zwei reflektirten

Bilder eines Lichts, welche von den beiden Oberflächen gemacht werden. Nun bewege man die Linſe, bis dieſe Bilder zuſammenfallen. Der Punkt, wo dies geſchieht, iſt der Vertex. Wenn dieſer in die Mitte ihrer Oberfläche fällt, ſo iſt das Glas vollkommen centrirt, außerdem aber nicht.*)

Die Theorie wirklicher Bilder wird ſehr leicht durch einen Verſuch erläutert. Zu dieſer Abſicht will ich hier eine lange Linie auf der Tafel ziehen, und dieſe konvexe Linſe bei A Taf. II. Fig. 7. ſtellen, deren Haupt-Brennpunkte bei F und f ſind. Nunmehr bemerke man dieſe Entfernungen auf jeder Seite von A, ſodann die Entfernung AF auf dem Theil der Linie AB, und bezeichne die ſolchergeſtalt aufgetragenen Theile mit 1, 2, 3, 4 u. ſ. f. Bei fD mache man f1 gleich Af, und theile es in f $\frac{1}{2}$, f $\frac{1}{3}$, f $\frac{1}{4}$, u. ſ. f. ſo daß dieſe Theile $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. ſ. f. von f1 oder Af gleich ſeyn. Iſt dieſes geſchehen, ſo verfinſtere man das Zimmer, und ſetze ein angezündetes Licht über die Theilung, welche mit 2 bezeichnet worden, wo dann das Bild des Lichts deutlich aber umgekehrt auf einem Papiere geſehen werden wird, welches man über den korreſpondirenden Bruch auf der andern Seite bei $\frac{1}{2}$ hält. Setzt man nun das Licht bei 3 oder 4, ſo muß das Papier zu Aufnehmung der Bilder über $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ u. ſ. gehalten werden. Wenn alſo das Licht von 2 bis zu einer unbeſtimmten Entfernung bewegt wird, ſo wird die ganze Bewegung des Bildes von $\frac{1}{2}$ bis f ſeyn; wenn des Licht bei 1 iſt, ſo wird das Bild bei 1 auf der andern Seite ſeyn. Wird das Licht näher gegen F gebracht, ſo werden die Bewegungen des Bildes und des Lichts das Gegentheil von dem ſeyn, was ſie vorher waren. Allein wird das Licht irgend wo zwiſchen F und der Linſe geſetzt, ſo wird gar kein Bild entſtehen.

*) Ueber das Centriren der Gläſer habe ich in meiner Sammlung von Inſtrumenten die Bemerkungen des de la Hire vollſtändig aufgenommen. G.

Von den Graden der Helle und Deutlichkeit eines Bilds.

Wie auch die Geſtalt und Gröſze der Oefnung in dem Papiere beſchaffen iſt, welches einen Theil der Linſe bedeckt, ſo wird doch die Geſtalt und Gröſze des Bilds immer dieſelbe ſeyn, als wenn die Linſe unbedeckt iſt, weil jeder kleine Theil des Strahlenpinſels mit dem Ganzen einerlei Fokus hat; allein die Helle des Bildes wird nach dem Verhältniſz geſchwächt, als ſich die Oefnung in der Bedeckung vermindert, weil die Lichtmenge, welche jeden Punkt eines Bilds erleuchtet, nach eben dieſem Verhältniſſe vermindert wird.

Allgemeine Ueberſicht der Eigenſchaften und Erſcheinungen einzelner Linſen, welche ſich aus den bereits erwieſnen Grundſätzen ableiten laſſen.

RT Taf. IV. Fig. 1. ſeyn die Vereinigungspunkte, p, P die eigentlichen Brennpunkte. Unter **Vereinigungspunkteu** verſtehen wir zwei Pnnkte, welche ſo gelegen ſind, daſz wenn einer von denſelben der **ſtrahlende Punkt** iſt, der andre ſodann der **Brennpunkt** ſeyn wird.

Wenn alſo 1) parallele Strahlen auf eine Seite einer konvexen Linſe A fallen, ſo werden ſie nach P oder p auf der andern Seite gebrochen. Taf. IV. Fig. 1.

2) Wenn parallele Strahlen auf eine Seite einer konkaven Linſe A Taf. IV. Fig. 2. fallen, ſo werden ſie durch die Refraktion von P oder p auf der nämlichen Seite divergiren.

3) In einer konvexen Linſe werden Strahlen, welche von P oder p Taf. IV. Feg. 1. divergiren, parallel auf der andern Seite fortgehen.

4) In einer konkaven Linſe Taf. IV. Fig. 2. werden Strahlen, welche nach p oder P konvergiren, ſich parallel fortpflanzen, wenn ſie von der nähmlichen Seite ausgehen.

5) In konvexen Linſen werden Strahlen Taf. IV. Fig. 1. welche von R jenſeits P divergiren, nach F jenſeits P konvergiren, und umgekehrt.

6) In konvexen Linſen werden Strahlen, welche von R Taf. IV. Fig. 3. divergiren, welches P näher iſt, von F auf der nämlichem Seite mit R divergiren.

7) In konvexen Linſen werden Strahlen, welche nach F Taf. IV. Fig. 4. konvergiren, wegen Refraktion nach R konvergiren, und zwar näher als P oder f.

8) In konkaven Linſen werden Strahlen, welche nach R Taf. IV. Fig. 2. jenſeits P konvergiren, von F jenſeits p divergiren, und umgekehrt.

9) In konkaven Linſen werden Strahlen, welche nach F Taf. IV. Fig. 5 und 6 näher als p konvergiren, wegen Refraktion nach R jenſeits F konvergiren.

10) In konkaven Linſen werden Strahlen, welche von R Taf. IV. Fig. 7. näher als p divergiren, von F näher als p divergiren.

11) In konkaven Linſen werden Strahlen, welche von R Taf. IV. Fig 8. näher als p divergiren, von F noch näher als p divergiren.

Ein Meniskus kann als konvex oder konkav angeſehen werden, je nachdem das Centrum ſeiner innern Oberfläche entfernter oder näher von dem Mittelpunkte der äußern Oberfläche iſt.

Die Länge eines Objekts iſt zur Länge des Bildes, welches vermittelſt einer Linſe erzeugt wird, wie der Abſtand des Objekts von dem Mittelpunkte der Linſe zu dem Abſtande des Bildes von der Linſe.

Der Umfang des Objekts verhält ſich zum Umfange des Bilds, wie das Quadrat des Abſtands des Objekts von der Linſe zu dem Quadrate des Abſtands des Bilds von der Linſe.

Eine konvexe Linſe vergrößert ein Objekt, wenn es ihr näher iſt, als der doppelte Abſtand des eigentlichen Fokus beträgt; iſt ſie aber entfernter, ſo wird das Objekt verkleinert.

Eine konkave Linſe verkleinert ein Objekt in jedem Falle.

Wenn der Gegenſtand und ſein Bild beide auf einerlei Seite der Linſe ſich befinden, ſo wird das Bild aufrecht ſeyn; ſind ſie aber auf verſchiedenen Seiten, ſo wird alsdann das Bild verkehrt.

Wenn das Objekt und das Bild auf verſchiedenen Seiten der Linſe ſich befinden, ſo weicht das Bild, ſo wie der Gegenſtand ſich der Linſe nähert, und nähert ſich ihm, wenn der Gegenſtand ſich entfernt.

Wenn das Objekt und das Bild beide auf einer Seite der Linſe ſind, ſo bewegt ſich, ſo, wie das Objekt ſich gegen die Linſe zu bewegt, das Bild gleichfalls dagegen, und umgekehrt.

In einer konvexen Linſe wird, wenn der Gegenſtand jenſeits dem eigentlichen Fokus iſt, ſein Bild an der andern Seite des Glaſes ſeyn, und umgekehrt. Allein wenn der Gegenſtand näher iſt, als die Brennweite, ſo wird das Bild auf der nämlichen Seite des Glaſes ſeyn, und umgekehrt.

Der Abſtand und die Größe des Bilds können willkührlich vermehrt werden, je nachdem man den Gegenſtand dem eigentlichen Fokus nähert.

In einer konkaven Linſe ſind der Gegenſtand und das Bild jederzeit auf einer Seite der Linſe.

Das Bild, welches von einer Linſe erzeugt wird, wird ſichtbar, wenn man das Auge, welches die divergirenden, von dem Bilde kommenden Strahlen aufnehmen ſoll, in eine zum deutlichen Sehen ſchickliche Entfernung ſtellt.

Das Bild, welches in der Luft von einer Linſe gemacht wird, kann nicht allein von dem Auge geſehen werden, welches in die divergirenden Strahlen geſetzt wird, ſondern auch auf einem in den Fokus gehaltenen Blatt Papier.

Wenn ein Gegenſtand in den Brennpunkt einer Linſe gelegt wird, ſo wird ſeine ſcheinbare Größe an jedem Orte jenſeits der Linſe unveränderlich einerlei, und der ſcheinbaren Größe, wenn er von dem Mittelpunkte der Linſe mit unbewafnetem Auge geſehen wird, gleich ſeyn; ſo daß die ſcheinbare Größe eines Gegenſtandes, der in der Brennweite liegt, immer dieſelbe ſeyn wird, das Auge werde nnn entweder näher oder entfernter von der Linſe gehalten.

Je näher das Auge einer Linſe iſt, je mehr ſieht man von dem Gegenſtande; je weiter es dagegen davon entfernt iſt, deſto weniger wird man davon gewahr.

Wenn der Gegenſtand näher iſt, als die Brennweite, ſo wird ſeine ſcheinbare Größe geringer, wenn das Auge ſich von dem Glaſe entfernt. Iſt hingegen der Gegenſtand entfernter, ſo wächſt die ſcheinbare Größe, wenn das Auge weiter von dem Glaſe abgeht.

Wenn das Auge ſich in der Brennweite befindet, ſo wird die ſcheinbare Größe eines Gegenſtandes unveränderlich dieſelbe ſeyn, wo irgend der Gegenſtand jenſeits dem Glaſe ſich befindet.

Wenn das Auge innerhalb einer geringern Entfernung als die Brennweite ſteht, ſo wird die ſcheinbare Größe eines Gegenſtands ſo wie er von der Linſe weggerückt wird, vermindert, obſchon nur in geringen Graden.

Wenn das Auge in einer größern Entfernung ſteht, als die Brennweite iſt, ſo wird die ſcheinbare Größe eines

Gegenſtands vermehrt, ſo wie er von dem Glaſe fortgerückt wird, bis er zu dem Vereinigungspunkte in Rückſicht des Auges kommt, worauf er undeutlich wird, und verkehrt zu werden anfängt: noch weiter endlich wird die Größe wieder vermindert.

Wenn das Auge und der Gegenſtand auf einer Stelle bleiben, und eine konkave Linſe wird von dem einen zu dem andern fortbewegt, ſo wird die ſcheinbare Größe der Gegenſtands bis zur Mitte abnehmen, und ſodann wieder wachſen.

Die Helligkeit eines durch eine Linſe von einem leuchtenden Gegenſtande entworfenen Bildes verhält ſich gerade wie die Fläche der Linſe und das Quadrat des gegenſeitigen Abſtands.

Obſchon die Helligkeit des Bilds mit der Fläche des Glaſes wächſt, ſo nimmt jedoch die Deutlichkeit ab. Denn es werden blos die Strahlen nahe am Vertex nach einem einzelnen Punkt in dem Gemälde gebrochen, indeß diejenigen, welche weiter davon ſind, mehr und mehr abweichen, und ſolchergeſtalt das Bild undeutlich machen.

Andre Erſcheinungen der Linſen werden wir in dem Verfolge dieſer Vorleſungen unterſuchen. Um ſie deutlich einzuſehen, muß vorher von der Natur des Sehens gehandelt werden. Sie werden nunmehr die Eigenſchaften eines andern feinen Weſens kennen lernen, deſſen Fortgang auſſerordentlich ſchnell, deſſen Theilchen unermeßlich klein, und deſſen Kraft und Einfluß über alles Faſſungsvermögen iſt, ein Weſen, das zahlloſe Segnungen auf ſeinen Wegen verbreitet und zwiſchen den Syſtemen eine Gemeinſchaft unterhält.

Sie haben geſehen, daß ein Körper, welcher geſchickt iſt, Licht zu reflektiren, und Farben darzuſtellen, ſo wie er dem Lichte ausgeſetzt wird, nicht nur die Lichtſtrahlen zu dem leuchtenden Körper zurückwirft, von welchem er erleuchtet worden, ſondern auch ſelbſt das Bild deſſelben in

die ganze Hemiſphäre in allen Richtungen und nach allen Punkten ausſendet. Man ſetze Tauſende, ja Millionen ſolche Körper nahe an einander, ſo kommen die Lichtſtrahlen und ihre Farben augenblicklich von jedem zu den Augen des Zuſchauers, ohne auf ihrem Wege durch die zahlenloſen Strahlen geſtört und abgelenkt zu werden, die in verſchiedenen Richtungen von andern naheliegenden Körpern zurückgeworfen werden. Sie haben die Heftigkeit geſehen, womit dieſes Weſen, deſſen Theile ſo auſſerordentlich klein ſind, wirkt, wenn deſſen Strahlen vermittelſt eines Brennglaſes geſammelt werden. Keine irdiſche Subſtanz war im Stande, ſeinen Wirkungen zu widerſtehen; jede wurde zerſtört oder zerſetzt. Einige der Wirkungen, welche von Gläſern von verſchiedenen Figuren entſtanden, ſind Ihnen bereits erklärt worden. Auch haben Sie ſcheinbar in der Luft Gegenſtände ſchweben ſehen, ohne daß das Gefühl an dem Orte, wo ſie zu ſeyn ſchienen, etwas entdecken konnte. In der Kamera obſkura ſehen Sie die Natur ihr eignes Bild umgekehrt und im kleinen verzeichnen: Sie ſehen hier ein Gemälde in einem Augenblicke mit ſolcher Schönheit, Lebhaftigkeit und Sanftheit der Farben entworfen, wogegen eine Landſchaft, von dem beſten Künſtler verfertigt, blaß und matt erſcheinen würde: das Gemälde in der Kamera obſkura war belebt, die Bäume wiegten ſich von dem Winde, die Heerden ſprangen auf den Wieſen, und die Sonnenſtrahlen ſpielten auf dem Waſſer. Hier lernten Sie, daß alle dieſe Auftritte von der Brechung der Lichtſtrahlen abhiengen, und wurden mit den Geſetzen dieſer Brechung bekannt. In der ſiebzehnten Vorleſung werden Sie dieſe Geſetze zur Erklärung der Natur des Sehens angewendet finden.

Sechzehnte Vorleſung.

Von der Katoptrik.

Nachdem ich Ihnen ſo kurz und gedrängt, als mir möglich war, die Geſetze der Brechung, und die Wirkungen, welche nach dieſen Geſetzen erfolgen, erklärt habe, will ich nunmehr zur Katoptrik (Spiegelkunſt) oder demjenigen Theile der Optik fortgehen, welcher von der Reflexion des Lichts handelt. Hier werden Sie unter andern lernen, warum die Figur eines Menſchen von ſechs Fuß Höhe in einem gläſernen Spiegel nicht über drei Fuß hoch geſehen wird; warum in einem konvexen Spiegel Figuren bis zu einer Lilliputſchen Größe vermindert werden, indeß ſie in einem konkaven Spiegel zu einer rieſenmäßigen Größe anwachſen; alles Wunder, die der Wißbegierige einzuſehen, und der unerfahrne zu unterſuchen wünſchen muß.

Ehe Newton ſeine Entdeckungen über die Natur und die Eigenſchaften des Lichts öffentlich bekannt machte, war es ein allgemein angenommener Grundſatz, daß die Lichtſtrahlen, nach Art anderer Körper, zurückgeworfen würden, wenn ſie an feſte und undurchdringbare Theile anſtießen, ſo wie man etwa den Marmor zurückſpringen ſieht, wenn er gegen ein Pflaſter geworfen wird. Newton hingegen lehrte die Menſchen, daß die Lichttheilchen, ehe ſie noch den reflektirenden Körper berührten, durch irgend eine Kraft zurückgeworfen würden, welche über die ganze Oberfläche des Körpers zerſtreut iſt.

Wenn die Lichtſtrahlen, ſagt er, durch Anſtoßen an die feſten Theile der Körper reflektirt würden, ſo könnten ſie nicht ſo regelmäßig zurückgeworfen werden, als es doch in der That der Fall iſt: denn ſo polirt auch der glätteſte Gegenſtand unſerm Geſichte und Gefühle nach ſeyn kann, ſo iſt er doch in der That nichts anders als eine fortlaufende Menge von Unebenheiten. Durch Poliren des Glaſes mit Sand, Zinnaſche oder Trippel können keinesweges alle die kleinſten Theilchen des Glaſes ſo genau hinweggenommen und geglättet werden, daß ihre Oberflächen vollkommen eben oder ſphäriſch würden, und alle nach derſelben Gegend gerichtet, eine vollkommen ebene Oberfläche bildeten. Zwar werden freilich, je kleiner die Theilchen ſind, auch um deſto kleiner die Rinnen oder Riſſe werden, wodurch das Glas bis zu einer ſolchen Politur abgerieben wird; ſo klein ſie indeſſen auch ſeyn mögen und ohngeachtet das Korn ſo fein iſt, daß das Auge keine Unebenheiten entdecken kann, ſo können doch nur die größern Rauhigkeiten und Hervorragungen hinweggenommen werden, die feinern unſichtbaren hingegen bleiben. Von einer ſolchen Oberfläche können nun freilich die Strahlen nicht mit einer ſolchen Gleichförmigkeit reflektirt werden, wie wir insgemein finden: vielmehr iſt es ſehr wahrſcheinlich, daß wenn Licht durch das Anſtoßen an die dichten Theile des Glaſes zurückgeworfen würde, es von den an feinſten polirten Oberflächen eben ſo ſehr zerſtreut werden würde, als von den rauheſten.

Es iſt daher eine noch ungelöſte Aufgabe, wie das durch reibende Subſtanzen polirte Glas das Licht auf eine ſo regelmäßige Art reflektiren könne, und dies Problem kann ſchwerlich auf eine andre Art erklärt werden, als daß man annimmt, die Reflexion eines Strahls werde keineswegs durch den reflektirenden Körper, ſondern durch irgend eine Kraft des Körpers bewirkt, die regelmäßig über ſeine

ganze Oberfläche verbreitet iſt, und wodurch er auf den Strahl ohne unmittelbare Berührung wirkt, ſo daß dieſer reflektirt wird, ehe er noch zu deſſen Oberfläche gelangt iſt.

Ein Lichtſtrahl kann nur auf zweierlei Art auf einen Spiegel fallen, entweder ſenkrecht, oder ſchief. Die Erfahrung hat ferner gelehrt, daß wenn Licht reflektirt wird, der Reflexions-Winkel jederzeit dem Einfalls-Winkel gleich iſt. Man nehme z. B. an, daß ab Taf. I. Fig. 25. die Oberfläche eines ebnen Spiegels ſey; fällt nun ein Lichtſtrahl fc ſenkrecht darauf, ſo wird er in der nämlichen Richtung reflektirt, und macht einen rechten Winkel mit dem Spiegel. Fällt er aber in einer ſchiefen Richtung u. ſ. f. auf, ſo wird er in der Richtung cd reflektirt, und macht mit dem Spiegel den Reflexionswinkel dcb dem Einfallswinkel eca vollkommen gleich.

Ich werde Ihnen dieſes durch zwei Verſuche zu beweiſen ſuchen; erſtlich will ich einen Lichtſtrahl durch eine Oefnung in ein verfinſtertes Zimmer gehen, und ſchief auf einen flachen Spiegel fallen laſſen, wo Sie finden werden, daß unter gleichen Abſtänden von dem Punkte der Reflexion der einfallende und reflektirte Strahl unter einerlei Höhe von der Oberfläche ſeyn werden.

Noch genauer wird dieſes durch den vorher gebrauchten meſſingenen Kreis Taf. II. Fig. 5 bewieſen. Ich lege jetzt die zwei Halbmeſſer unter gleichen Winkeln von dem Durchmeſſer: ſieht man nun durch die Oefnung oder das Viſier herab auf den Mittelpunkt des Spiegels, ſo wird man die Spitze des andern Halbmeſſers ſehen; ein Beweis, daß der Strahl, welcher von dieſem Punkte kommt, von dem Mittelpunkte des Spiegels zu dem Auge uneer dem nämlichen Winkel reflektirt wird, unter welchem er auf den Spiegel fiel.

Dieſes Axiom, daß nämlich der **Reflexionswinkel jederzeit dem Einfallswinkel gleich** ſey, findet in jedem Falle der Reflexion Statt, ſowohl von ebenen als ſphäriſchen Oberflächen, ſie mögen übrigens konvex oder konkav ſeyn.

Alle Reflexion iſt gegenſeitig. Wenn der Strahl ec, nachdem er in die Linie dc zurückgeworfen worden iſt, wieder in dieſe Richtung zurück gehet, ſo wird er nach ec reflektirt; wenn daher dcb der Einfallswinkel iſt, ſo wird eac der Reflexionswinkel ſeyn; und wenn eca der Einfallswinkel iſt, ſo wird dcb der Reflxionswinkel ſeyn.

Dieſes allgemeine Geſetz, **daß der Einfallswinkel jederzeit dem Reflexionswinkel gleich iſt**, iſt der Grund der ganzen Katoptrik, und hinreichend, alle Phänomene der Zurückſtrahlung des Lichts zu erklären. Die übrigen Geſetze ſind blos Folgerungen, die aus dieſem Grundſatze hergeleitet werden können, oder es ſind Anwendungen davon auf beſondere Wirkungen.

Von den zurückgeworfnen ſowohl als gebrochnen Strahlen, müſſen nothwendig verſchiedene Strahlen zu gleicher Zeit wirken, um einen Eindruck auf unſer Auge zu machen; dieſe Strahlen können in verſchiedenen Richtungen gegen einander ſtehen; ſie können entweder parallel, konvergirend, oder divergirend ſeyn, und die Oberfläche, worauf ſie fallen, kann entweder plan, konvex oder konkav ſeyn. Alle dieſe Umſtände werden wir jeden beſonders in Betrachtung ziehen.

1) **Parallel auf einen ebenen Spiegel fallende Strahlen ſind auch nach der Reflexion parallel.**

Die parallelen Strahlen db, ca Taf. V. Fig. 1. werden von der Oberfläche ab nach h und k reflektirt, und

machen den Reflexionswinkel ibh gleich dem Einfallswinkel fbd, und den Reflexionswinkel gak gleich dem des Einfalls eac; folglich ſind nach dem geometriſchen Grundſatze die zwei Strahlen db, ea nach der Reflexion parallel.

Dies kann auch bewieſen werden, wenn man zwei parallele Strahlen in einem finſtern Zimmer auf einen Spiegel fallen läßt, wo Sie finden werden, daß ſie ihren Parallelismus nach der Reflexion bei jeder Neigung des Spiegels behalten.

2) Wenn einfallende divergirende Strahlen von einem ebenen Spiegel zurückgeworfen werden.

Die divergirenden Strahlen db, ca Taf. V. Fig. 2. werden nach h und k reflektirt, und haben den nämlichen Grad der Divergenz bei F, als ſie bei E würden gehabt haben, wenn ſie in ihrer erſten Richtung fortgegangen wären. Die Punkte bei F und E ſind gleich entfernt von den Punkten der Berührung a und b; daher iſt die Divergenz der Strahlen einerlei nach der Reflexion wie vorher.

3) Wenn einfallende konvergirende Strahlen, die auf einen ebenen Spiegel fallen, davon zurückgeworfen werden.

Die konvergirenden Strahlen db, ca Taf. V. Fig. 3. würden, wenn der Spiegel nicht dazwiſchen läge, ſich in E treffen, allein ſie werden von a und b ſo zurückgeworfen, daß ſie die Reflexionswinkel gbk, eah gleich ihren Einfallswinkeln fbd, eac machen, und vereinigen ſich in F, einem Punkte unter dem nämlichen Abſtande von a und b als der Punkt E: ihre Konvergenz nach der Reflexion iſt daher die nämliche wie vorher.

Wir wollen nun eine konvexe Oberfläche betrachten, wo Sie finden werden:

1) Daß parallel auf eine konvexe Oberfläche fallende Strahlen durch Zurückwerfung divergirend werden.

2) Daß konvergirende Strahlen, wenn ſie von einer konvexen Oberfläche zurückgeworfen werden, weniger konvergiren, und daher parallel oder ſelbſt konvergent gemacht werden können, je nachdem die zurückwerfende Oberfläche mehr oder weniger erhaben iſt.

3) Divergirende Strahlen werden mehr divergirend gemacht, ſo daß eine konvexe Oberfläche jederzeit die Strahlen zerſtreut, indem ſie ihre Konvergenz vermindert, und ihre Divergenz vermehrt.

Da jede gekrümmte Oberfläche als aus einer unendlichen Menge kleiner geraden Linien gebildet angeſehen werden kann, ſo will ich, um dieſen Gegenſtand deutlicher zu machen, eine konvexe Oberfläche durch zwei gerade gegen einander geneigte Linien vorſtellen. Da ich Ihnen ſolchergeſtalt die Elemente ſelbſt anſchaulich mache, ſo werden Sie nun um deſto leichter einſehen, warum die Lichtſtrahlen, wenn ſie von einer erhabenen Oberfläche zurückgeworfen werden, eine verſchiedene Richtung gegen diejenige annehmen, die ſie hatten, als ſie auf den Spiegel fielen.

bd Taf. V. Fig. 4. ſtelle einen erhabenen Spiegel vor, und ab, cd die parallel darauf fallenden Strahlen; weil nun die Reflexionswinkel cbf, hdi jederzeit gleich ſind, ſo werden auch die Strahlen, wie Sie auf der Figur ſehen, divergent gemacht, und gehen nach e und h fort.

Auf gleiche Art haben die konvergirenden Strahlen ab, cd Taf. V. Fig. 5. die, wenn der Spiegel bd nicht

dazwiſchen gelegt worden wäre, ſich in m vereinigen würden, ihre Richtung durch Zurückwerfung ſo geändert, daß ſie nach l gehen, und ſich daſelbſt ungleich weiter von den Berührungspunkten b und d, als dem Punkt m, vereinigen. Sie ſehen alſo aus der Figur, daß die Neigung der zwei Elemente bd ſo vermehrt werden kann, um die Strahlen parallel und ſelbſt divergirend zu machen.

Auf gleiche Art werden die Strahlen ab, cd Taf. V. Fig. 6. welche ohne Dazwiſchenlegung des Spiegels nur wenig bei m divergiren würden, hierdurch noch divergenter gemacht, ſo daß ſie viel weiter von l als von m abſtehen.

Nunmehr haben wir blos noch die Richtung der Lichtſtrahlen zu betrachten, wenn ſie von einer hohlen Oberfläche zurückgeworfen werden. Hier werden Sie finden:

1) Daß parallele Strahlen durch Reflexion konvergent werden.

2) Daß konvergirende Strahlen noch mehr konvergirend, und

3) Daß divergirende Strahlen weniger divergirend werden.

Ein Ueberblick der katoptriſchen Figuren wird hinreichend ſeyn, um ihnen die Wahrheit dieſer Sätze zu beweiſen.

Es ſtelle bd Taf. V. Fig. 7. einen hohlen Spiegel vor; die Strahlen ab, cd, welche vor der Reflexion parallel waren, werden durch die Geſetze derſelben ſo gebogen, daß ſie nach l konvergiren.

Die Strahlen ab, cd Taf. V. Fig. 8. die ohne Zwiſchenlegung des Spiegels, ſich in m vereinigen würden, werden hierdurch ſo reflektirt, daß ſie ſich in l näher gegen die Berührungs-Punkte b, d als gegen m treffen.

Die Strahlen ab und cd endlich, Taf. V. Fig. 9. welche vor der Reflexion divergirend waren, konvergiren nach der Reflexion, und ſtoßen in o zuſammen.

Aus dieſen eben vorgetragnen Grundſätzen iſt es nunmehr leicht einzuſehen, welches die Wirkung der Spiegel ſeyn werde, und die vornehmſten Erſcheinungen zu erklären, welche ſie verurſachen. Unter einem Spiegel verſtehen wir allgemein irgend eine Subſtanz, deren Oberfläche hinreichend polirt iſt, um den größern Theil der Strahlen, welche darauf fallen, gleichförmig zurückzuwerfen, und ein Bild von den Gegenſtänden zu geben, welche vor demſelben liegen. Sie werden insgemein in ebne, erhabne und hohle Spiegel eingetheilt; außerdem aber hat man auch koniſche und zilindriſche, pyramidaliſche und priſmatiſche Spiegel.

Von Planſpiegeln.

Ich muß Sie hier nothwendig an dasjenige erinnern, deſſen ich bereits erwähnt habe, nämlich: daß ein Strahlenpinſel, welcher von irgend einem gegebenen Punkte ausgeht, das Mittel iſt, wodurch das Geſicht uns verſichert, daß ein Körper bei oder in dieſem Punkte ſich befinde; hieraus ergiebt ſich aber auch, daß wir in dieſer Rückſicht ſehr leicht getäuſcht werden können; denn wenn der Strahlenpinſel ſo zurückgeworfen (oder gebrochen) wird, daß er unter verſchiedener Divergenz oder Richtung fortgeht, d. i. in derjenigen Richtung, als er fortgegangen ſeyn würde, wenn er von irgend einem andern Punkte käme, ſo wird der Sinn den Ort des Gegenſtandes auf den Punkt übertragen, welcher in der Richtung des letzten Ganges der Strahlen ſich befindet.

In einem Planſpiegel ab Taf. V. Fig. 10. erſcheint das Bild eines Gegenſtandes c, einem Auge bei e hinter dem Spiegel in der Richtung eg, und jederzeit im Durchſchnitte des Perpendikels cg und des reflektirten Strahls

eg, folglich bei g ſo weit hinter dem Spiegel, als der Gegenſtand c vor ihm iſt. Wir ſehen daher das Bild an dem nämlichen Orte, wo auch der reflektirte Strahl ſey, wodurch es geſehen wird; denn da ein Planſpiegel die relative Lage der Strahlen, welche darauf fallen, nicht verändert, ſo werden die divergirenden Strahlen, welche von c kommen, gegen das Auge e vermittelſt des Spiegels ab unter dem nämlichen Grade von Divergenz reflektirt, und haben ihren eingebildeten Vereinigungspunkt g unter dem nämlichen Abſtande hinter dem Spiegel, als c vor ihm iſt.

Aus dem nämlichen Grunde verändert auch ein Planſpiegel die Figur oder Größe der Gegenſtände nicht, ſondern das ganze Bild iſt dem ganzen Gegenſtande gleich und ähnlich, und hat eine gleiche Lage in Rückſicht der einen Seite der Fläche, als der Gegenſtand in Rückſicht der andern hat; denn die konvergirenden Strahlen Km, Ln Taf. V. Fig. 11. welche von den Enden des Gegenſtandes KL ausfahren, und auf den Spiegel ab fallen, werden gegen das Auge e unter dem nämlichen Grade von Konvergenz zurückgeworfen, und zeigen folglich das Bild kl unter einem Winkel, welcher demjenigen gleich iſt, unter welchem der Gegenſtand aus dem Punkte i würde geſehen werden, wenn der Spiegel nicht dazwiſchen geſtellt worden wäre.

Aus dem eben Geſagten folgt, daß wenn ein Gegenſtand KL gegen einen Planſpiegel geneigt iſt, ſein Bild kl dagegen in einer entgegengeſetzten Richtung geneigt ſeyn werde.

Wenn ein Gegenſtand AB Taf. V. Fig. 12. parallel gegen einen Planſpiegel CD, und in der nämlichen Entfernung davon geſtellt wird, als das Auge o iſt; ſo wird der Theil des Spiegels CD, worauf die Strahlen AC, BD von dem Objekte fallen, die gegen das Auge reflektirt

werden, die halbe Länge von AB ſeyn. Denn da das Bild ſo weit hinter dem Glaſe ſich befindet, als der Gegenſtand vor demſelben iſt, ſo werden die Strahlen OG, OH in der Mitte des Spiegels CD getheilt, und folglich blos halb ſo viel ausgebreitet, als es der Fall bei einer doppelten Entfernung wäre. Um daher den ganzen Gegenſtand in einem Spiegel zu ſehen, muß die Länge und Breite des Spiegels die halbe Länge und Breite des Gegenſtands ſeyn. Wenn daher die Länge und Breite eines Gegenſtands gegeben iſt, ſo iſt es nunmehr leicht, die Größe eines Spiegels zu beſtimmen, um einen ganzen Gegenſtand zu überſehen, wenn er unter dem nämlichen Abſtande davon wie das Auge liegt.

Daher wird eine Perſon, die ſich in einem Spiegel beſieht, welcher aufrecht geſtellt worden iſt, ihr Bild vollſtändig in einem Theile des Glaſes ſehen, deſſen Länge und Breite der halben Länge und Breite der correſpondirenden Theile ihres Körpers gleich iſt. Dies wird allezeit der Fall ſeyn, in welcher Entfernung man auch vor dem Glaſe ſtehen mag.

Jeder Beſchauer wird ſein eigenes Bild ſoweit hinter dem Spiegel ſehen, als er vor demſelben ſich befindet; und ſo wie er ſich gegen oder von dem Spiegel weiter weg bewegt, wird auch das Bild zu gleicher Zeit ſich gegen oder von ihm ab auf der andern Seite bewegen, allein dem Anſcheine nach mit doppelter Geſchwindigkeit, weil die zwei Bewegungen gleich und entgegengeſetzt ſind. Auf gleiche Art wird, wenn, indeß der Zuſchauer ſtillſteht, ein Gegeſtand ſich bewegt, das Bild deſſelben hinter dem Spiegel in der nämlichen Bewegung geſehen werden. Und bewegt ſich der Zuſchauer, ſo werden die Bilder der Gegenſtände, welche während dem ruhen, ſich ihm zu nähern, oder von ihm ſich zu entfernen ſcheinen, auf gleiche Art, als ob er ſich gegen wirkliche Gegenſtände bewegte; weil Planſpiegel nicht nur den Gegenſtand, ſondern auch die

Entfernung, und zwar genau nach ihren natürlichen Dimenſionen, reflektiren.

Ein einziger Grundſatz iſt hinreichend, um alle Erſcheinungen der durch Planſpiegel geſehenen Gegenſtände zu erklären. Dieſer Grundſatz iſt: daß das Bild eines in einem Planſpiegel geſehenen Gegenſtandes, ſich allezeit in dem auf die Spiegelfläche gefällten Lothe befindet, welches den Gegenſtand und das Bild verbindet; und daß das Bild um ſoviel auf der einen Seite des Spiegels ſey, als der Gegenſtand auf der andern Seite iſt. Vermittelſt dieſes Grundſatzes und etwas Geometrie können Sie nunmehr ſogleich die vornehmſten Fragen beantworten, die Ihnen in Rückſicht dieſes Gegenſtandes vorgelegt werden dürften.

Der berühmte Archimedes ſoll bei der Belagerung von Syrakus die Schiffe des Marcell mittelſt einer Maſchine zerſtört haben, welche aus Spiegeln beſtanden. Da ein Planſpiegel der Theorie nach alles einfallende Licht mit den nämlichen Eigenſchaften reflektirt, mit welchen es eingefallen war, ſo werden die Sonnenſtrahlen, da ſie von einem außerordentlich weit entfernten Gegenſtande kommen, und als parallel angeſehen werden können, auch parallel gegen einander reflektirt, und müſſen mithin jede Subſtanz auf gleiche Art erleuchten und erwärmen, als ob die Sonne ſelbſt darauf ſchiene. Zwei Spiegel alſo, welche das Licht auf dieſelbe Subſtanz reflektiren, werden ſie zweimal ſo ſtark erhitzen, als das unmittelbare Sonnenlicht. Drei werden ſie folglich dreimal wärmer machen, daß alſo bei Vermehrung der Anzahl von Spiegeln endlich ein auſſerordentlicher Grad von Wärme erzeugt werden kann.

Der Theorie nach ſollte zwar ein Planſpiegel alles Licht reflektiren, welches darauf fällt, allein bei der An-

wendung deſſelben geht wegen der unvollkommnen Politur, und aus Mangel einer vollkommen dunkeln Subſtanz des Spiegels faſt das halbe Licht verloren. Deſſen ohneracht̃et verfertigte Büffon im Jahr 1747. eine Brennmaſchine dieſer Art. Sie beſtand aus 168 Planſpiegeln, jeder 8 Zoll lang und 6 Zoll breit, und ſolchergeſtalt eingerichtet, daß die Fokaldiſtanz, ſo wie die Menge der Gläſer verändert werden konnte, je nachdem die Umſtände es erforderlich machten. Im Monat März 1747 zündete er mit 40 Gläſern ein Bret in der Entfernung von ohngefähr 70 Fuß an.

Von Konvexſpiegeln.

Konvexſpiegel verbreiten oder zerſtreuen die reflektirten Strahlen; machen parallele Strahlen divergent; vermindern die Konvergenz konvergirender Strahlen, und machen dieſelben in einigen Fällen wohl gar parallel und ſelbſt divergirend.

Wir wollen annehmen, daß der Gegenſtand de Taf. V. Fig. 13. vor einem konvexen Spiegel ab liege. Von den zwei Strahlenkegeln, welche von den Enden des Gegenſtandes ausfahren, werden die Strahlen dp und ep, die, wenn der Spiegel nicht dazwiſchen läge, nach p gehen, und ſich daſelbſt vereinigen würden, weniger konvergirend auf der Linie fg reflektirt; die Strahlen dk, el, welche bei m konvergirt wären, werden zwar parallel reflektirt, und die zwei Strahlen dh und ei, die bei c, dem Mittelpunkte der Konvexität, zuſammengeſtoßen wären, werden ihres ſenkrechten Einfalls wegen in ſich ſelbſt zurückgeworfen; gleichwohl ſind ſie divergirend, ſo wie alle übrige Strahlen, welche neben den zwei letzten Punkten ausgehen, noch divergenter zurückgeworfen werden.

In konvexen Spiegeln erſcheint zwar, ſo wie in den planen, das Bild jederzeit aufrecht und hinter der zurückwerfenden Oberfläche; allein es unterſcheidet ſich davon in vielen andern Rückſichten: denn 1) iſt das Bild in einem konvexen Spiegel jederzeit kleiner als der Gegenſtand, und dieſe Verminderung iſt nach Verhältniß größer, als der Gegenſtand weiter von dem Spiegel entfernt iſt. Dies werden Sie leicht einſehen, wenn Sie erwägen, daß zufolge der Eigenſchaften einer reflektirenden konvexen Oberfläche, einfallende konvergente Strahlen weniger konvergent gemacht werden. CD Taf. V. Fig. 14. ſey ein Gegenſtand, welcher vor einem konvexen Spiegel ab ſtehe. Die zwei von den Enden des Gegenſtandes ausfahrenden Strahlen Ce, Dd, würden alſo, wenn der Spiegel nicht dazwiſchen läge, bei f konvergiren; allein da ſie durch den Spiegel weniger konvergirend zurückgeworfen werden, ſo vereinigen ſie ſich in i, und machen ſolchergeſtalt einen ſpitzigern Winkel. Der Gegenſtand erſcheint daher kleiner, als wenn er aus dem Punkte f wäre geſehen worden. 2) Das Bild erſcheint nicht ſo weit hinter der reflektirenden Oberfläche als in einem Planſpiegel. G Taf. V. Fig. 15 ſey ein Punkt eines Gegenſtandes, woher ein divergirender Strahlenkegel ausgeht, und auf den Spiegel fällt; dieſe Strahlen werden mehr divergirend reflektirt, und haben folglich ihren eingebildeten Fokus, oder den Vereinigungspunkt g ungleich näher, wodurch denn das Bild der reflektirenden Oberfläche näher zu ſeyn ſcheint, als der Gegenſtand. Dieſe Annäherung wächſt nach Maßgabe der Konvexität des Spiegels. Konkave Spiegel haben einen wirklichen Fokus, da hingegen der Fokus konvexer Spiegel blos virtual oder eingebildet iſt. Letzterer befindet ſich hinter dem Spiegel, und iſt allezeit den halben Radius ihrer Konvexität davon entfernt.

Das Bild eines geraden, nicht zu kleinen Gegenſtands, welchen man parallel oder ſchief gegen den Spiegel ſtellt, wird in dem Spiegel gekrümmt erſcheinen, weil die verſchiedenen Punkte des Gegenſtands nicht alle in gleichem Abſtande von der Oberfläche des Spiegels ſich befinden. So iſt der Punkt o Taf. V. Fig. 14. des Gegenſtands de der Oberfläche des Spiegels näher als die übrigen; die äußerſten Punkte de, die am entfernteſten ſind, werden folglich auch hinter dem Spiegel in Entfernungen dargeſtellt werden, die denjenigen verhältnißmäßig ſind, in welchen ſie vorwärts ſich befinden. Das Bild muß alſo gebogen oder gekrümmt erſcheinen.

Von konkaven Spiegeln.

Ich habe Ihnen bereits gezeigt, daß es die Eigenſchaft konkaver Spiegel iſt, die Lichtſtrahlen zu ſammeln, die ſie reflektiren, indem ſie parallele Strahlen konvergiren, die Konvergenz derjenigen vermehren, welche an ſich ſchon konvergiren, und die Divergenz der divergirenden Strahlen vermindern, ja dieſelben in einigen Fällen parallel und ſelbſt konvergirend machen. Dieſe Wirkungen erfolgen alle nach Maßgabe der Konkavität des Spiegels.

Der Punkt, wo die Strahlen ſich vereinigen, heißt der Fokus, oder der Brennpunkt des Spiegels; allein dieſer Fokus iſt nicht für alle Arten einfallender Strahlen der nämliche. Die parallelen Strahlen ab, de, werden, wenn ſie auf einen konkaven Spiegel mo fallen, ſo reflektirt, daß ſie ſich in F Taf. V. Fig. 16. vereinigen, welcher Punkt von ſeiner Oberfläche um den vierten Theil des Durchmeſſers der Sphäre des Spiegels entfernt iſt; dieſer Punkt heißt daher der Fokus paralleler Strahlen, oder der eigentliche Fokus des Spiegels.

Konvergirende Strahlen, als fg, hi, werden mehr konvergirend reflektirt, und vereinigen ſich bei K, zwiſchen dem Fokus der parallelen Strahlen und dem Spiegel. Endlich werden divergirende Strahlen, welche von einem Punkte ausgehen, der von dem Spiegel weiter entfernt iſt als der wahre Fokalpunkt, z. B. Rm, Ro, konvergirend reflektirt, und vereinigen ſich bei einem Punkte P, welcher von dem Spiegel weiter entfernt iſt, als der Fokalpunkt der parallelen Strahlen. Allein wenn der Punkt K, von welchem die divergirenden Strahlen ausgehen, dem Spiegel näher iſt als der Punkt E, ſo werden ſie divergirend; diejenigen bei g würden nach f, und diejenigen bei i nach h fortgehen.

Der Fokus paralleler Strahlen iſt daher um den vierten Theil des Durchmeſſers der Sphäre des Spiegels von ſeiner Oberfläche entfernt. Der Fokus konvergirender Strahlen iſt dem Spiegel näher, als derjenige paralleler Strahlen; der Fokus divergirender Strahlen hingegen iſt weiter davon entfernt.

Ebne und konvexe Spiegel ſtellen ihre Bilder als hinter dem Spiegel und aufrecht dar. Die Wirkung der Hohlſpiegel iſt verſchieden. Sie zeigen blos das Bild hinter dem Spiegel und aufrecht, wenn der Gegenſtand zwiſchen dem Spiegel und dem Fokus paralleler Strahlen geſtellt iſt, in welchem Falle denn das Bild größer, als der Gegenſtand ſelbſt iſt. Es ſey AB Taf. V. Fig. 17. ein Gegenſtand, welcher vor einem Hohlſpiegel EF liegt, aber näher gegen denſelben als der Fokus paralleler Strahlen. Die zwei Strahlen Ac, Bf von den Enden des Gegenſtands würden, wenn der Spiegel nicht dazwiſchen läge, in d konvergiren; durch den Spiegel hingegen werden ſie konvergenter reflektirt, vereinigen ſich in D, und weil ſie daſelbſt einen größern Winkel machen, ſo iſt das Bild ab größer als der Gegenſtand.

Dieſes Bild erſcheint weiter von der hintern Seite des Spiegels entfernt, als der Gegenſtand es von der vordern Seite iſt. Es ſey A Taf. V. Fig. 18. ein Punkt eines Gegenſtands, welcher dem Spiegel näher iſt, als deſſen Fokus, und von dem ein Kegel divergirender Strahlen ausgeht; dieſe werden weniger divergent reflektirt, und haben daher ihren eingebildeten Fokus a weiter ab, daß alſo das Bild in einer größern Entfernung hinter dem Spiegel geſehen wird, als der Gegenſtand ſich vor demſelben befindet.

Wenn aber der Gegenſtand weiter von dem Spiegel als F entfernt iſt, z. B. bei e Taf. V. Fig. 18. ſo werden die Strahlen eb, ed, die nur wenig divergiren, konvergent reflektirt, und zeigen das Bild bei E; ſo daß, wenn das Auge o weit genug zurückgeht, um die divergirenden Strahlen von E zu erhalten, es das Bild bei E zwiſchen ſich ſelbſt und dem Spiegel ſehen wird. Der Grund davon iſt leicht einzuſehen; jeder erleuchtete Punkt eines Gegenſtands wird vermittelſt eines Kegels divergirender Strahlen ſichtbar, welche von demſelben kommen; wir hören auf ihn zu ſehen, ſobald die Strahlen parallel oder konvergirend werden, welches geſchieht, wenn der Gegenſtand weiter von dem Spiegel entfernt iſt, als ſein Fokalpunkt F; das Auge muß daher zurückgehn, bis die Strahlen, nachdem ſie ſich gekreuzt haben, divergirend werden.

Dieſes Bild iſt jederzeit umgekehrt, wie ba, das Bild von BA Taf. V. Fig. 19. Denn wir können den ganzen Gegenſtand AB nicht ſehen, wofern nicht divergirende Strahlen von dem Ende deſſelben auf das Auge fallen, welches in dem gegenwärtigen Falle nicht eher Statt haben kann, als bis dieſe Strahlen ſich zwiſchen dem Gegenſtande und dem Spiegel gekreuzt haben, wodurch ſie folglich umgekehrt werden.

Ich werde mich nun noch bemühen, Ihnen durch eine katoptriſche Figur die Theorie der Brennpunkte durch einen ſphäriſchen Spiegel zurückgeworfener Strahlen zu erläutern. Durch den Mittelpunkt O des Spiegels A Taf. VI. Fig. 5. ziehe man eine unbeſtimmte Linie BD, halbire OH in F, und von den Punkten O und A theile man die Linien OB und AD, in OF oder FA gleiche Theile, die man durch die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. ſ. f. bezeichne. Von F nehme man dann auf jeder Seite F 1, F $\frac{1}{2}$, F $\frac{1}{3}$; F $\frac{1}{4}$ u. ſ. f. jedes gleich dem Ganzen, oder $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, u. ſ. f. von FO, FA. Nunmehr wird, wenn auf der Linie OB der Punkt 1, oder 2, 3, 4 u. ſ. f. der Fokus der einfallenden Strahlen iſt, der korreſpondirende Punkt 1 oder $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. ſ. f. auf der Linie OF der Fokus der reflektirten Strahlen ſeyn. Und umgekehrt, wenn die letztern die Brennpunkte des Einfalls ſind, ſo werden erſtere die Brennpunkte nach der Reflexion ſeyn. Auf gleiche Art werden, wenn 1, 2, 3, 4 u. ſ. f. auf der Linie AD die Brennpunkte der einfallenden Strahlen ſind, 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. ſ. f. die Brennpunkte der reflektirten Strahlen ſeyn, und umgekehrt, ſo daß der Fokus des Einfalls und der Reflexion ſich in O und A vereinigen. Ihre Bewegungen von O und A gegen B und F in dem einen Falle, und gegen D und F in dem andern ſind alſo einander genau ähnlich, da F der Fokus paralleler Strahlen in beiden Fällen iſt.

Wenn in einem verfinſterten Zimmer ein angezündetes Licht weiter von einem konkaven Spiegel abgehalten wird, als ſeine Brennweite F iſt, z. B. bei 2, ſo wird ſein Bild deutlich, aber umgekehrt auf einem weißen Papiere geſehen werden, welches man bei dem korreſpondirenden Punkte $\frac{1}{2}$ hält. Wird nun das Licht ſoviel näher gegen den Spiegel, oder weiter davon weggerückt, daß Sie ein deutliches Bild davon behalten, ſo werden Sie hier-

durch einen anſchaulichen Beweis der Theorie der Brennpunkte der einfallenden und reflektirenden Strahlen erhalten; iſt das Licht bei o, ſo wird alsdann auch daſelbſt das Papier ſeyn. Allein da das Bild eines Gegenſtands zwiſchen F und einem Hohlſpiegel, oder irgendwo vor einem konvexen, auf der andern Seite des Spiegels ſich befindet, ſo wird in keinem von beiden Fällen der Verſuch mit dem Lichte und dem Papiere Statt finden können.

Die Erſcheinung des Bilds in der Luft zwiſchen dem Spiegel und dem Gegenſtande, hat zu verſchiedenen angenehmen Täuſchungen Gelegenheit gegeben, welche, wenn ſie mit Geſchicklichkeit und einem myſteriöſen Anſtriche vorgeſpiegelt werden, ſehr unterhaltend ſind, und den öffentlichen Gauklern reichen Gewinn bringen. Ich wurde von einer ſolchen Vorſtellung, die ein Mann zu Bondſtreet gab, ſehr angenehm überraſcht. Ein Todtenkopf und andre Gegenſtände wurden auf dieſe Art ſo täuſchend vorgeſtellt, daß der Unwiſſende in Erſtaunen gerieth, indeß diejenigen, welche die gehörigen Einſichten davon hatten, ſehr angenehm unterhalten wurden.

Wenn Sie ſich ſelbſt vor dieſen konkaven Spiegel ſtellen, allein weiter davon, als ſein Brennpunkt, ſo werden Sie ein umgekehrtes Bild von ſich ſelbſt in der Luft zwiſchen ſich und dem Spiegel ſehen, allein das Bild wird von einer geringern Größe ſeyn, als Sie ſelbſt ſind. Strecken Sie Ihre Hand gegen den Spiegel aus, ſo wird die Hand des Bildes gegen Ihre Hand zu ſich bewegen, und wenn ſie im Mittelpunkte des Spiegels iſt, wird ſie damit von gleicher Größe ſeyn, ſo daß Sie und das Luftbild einander die Hände geben können. Bewegen Sie Ihre Hand weiter, ſo werden Sie finden, daß die Hand des Bildes bei Ihrer Hand vorbei geht, und zwiſchen derſelben und Ihrem Körper kommt; bewegen Sie Ihre Hand gegen eine Seite, ſo wird die Hand des Bildes ſich gegen

die andre Seite bewegen, indem das Bild ſich jederzeit nach der entgegengeſetzten Richtung des Gegenſtands bewegt. Die ganze Zeit über ſehen die Nebenſtehenden nichts von dem Bilde, weil keiner der reflektirten Strahlen, welche das Bild machen, ihr Auge trifft. Um dieſe Wirkung noch auffallender und täuſchender zu machen, wird der Spiegel oft durch ein Käſtchen verdeckt.

Dieſer angenehme und einfache Verſuch iſt zur Erläuterung der Newtonſchen Lehre vom Raume angewendet worden. Durch dieſen Verſuch wird nämlich bewieſen, daß mittelſt eines in der Luft in einem gewiſſen Abſtande zwiſchen einem konkaven Spiegel und einer Perſon, welche hineinſieht, entworfenen Bildes, Ausdehnung und Form ein Gegenſtand des Sinns wird, ohngeachtet weder Solidität, noch merklicher Widerſtand vorhanden iſt. Dieſes beweiſt aber keineswegs, daß ein Bild in einem leeren Raume, oder wo gar keine Materie ſich befindet, gebildet werden könne, wofern nicht zuerſt bewieſen werden kann, daß es keine Materie geben könne, wo wir keinen Widerſtand finden. Hingegen kann aus dieſer Erſcheinung vielmehr gefolgert werden, daß diejenigen Räume, welche wir ſehr uneigentlich leer nennen, eben ſo voll von Materie ſind, als diejenigen, wo wir die dichteſte Materie antreffen: denn da unſre körperlichen Sinne nur durch Materie gerührt werden können, ſo ſind ſie auch untrügliche Mittel, um zu beſtimmen, wo Materie iſt; Sie können daher eben ſo ſehr von der Gegenwart der Materie verſichert ſeyn, ſo oft Sie etwas ſehen, ob Sie es ſchon nicht fühlen, als Sie gewiß ſeyn würden, daß es Materie gäbe, wo Sie ſie fühlten, ob Sie dieſelbe ſchon nicht ſähen, oder die Beſchaffenheit der Materie mit ſich brächte, unſichtbar zu ſeyn. Alle Arten von reflektirten Bildern zeigen, daß wo irgend ein Gegenſtand entſtehen kann, um

den Sinn des Sehens zu rühren, daſelbſt eine eben ſo große Fülle von Materie ſeyn müſſe, wie in dem eigentlichen Gegenſtande, von woher das Bild zu denjenigen Räumen geführt wurde, wo es wieder erneuert wird.

Herr Ferguſon führt zwei unterhaltende Verſuche an vermittelſt eines konkaven Spiegels, welche Sie gelegentlich nachmachen können. Wenn ein Feuer in einem großen Zimmer gemacht wird, und man ſtellt einen polirten Tiſch von Mahagonyholze in einer ziemlichen Entfernung neben die Wand vor einen großen konkaven Spiegel, ſo daß das Licht des Feuers von dem Spiegel auf deſſen Fokus auf der Tafel reflektirt werden könne, ſo werden Sie, wenn Sie bei dem Tiſche ſtehen, nichts als einen länglichen Lichtſtrahl gewahr werden; ſtehen Sie aber in einiger Entfernung gegen das Feuer hin, ſo werden Sie auf dem Tiſche ein großes und aufrechtes Bild des Feuers ſehen. Kommt nun von ohngefähr eine Perſon, welche nichts davon weiß, ins Zimmer, ſo wird ſie über den Anblick erſchrecken, denn es wird ihr ſcheinen, als ob der Tiſch ganz im Feuer ſtehe und, da dieſer nahe an der Tapezierung ſich befindet, das ganze Haus in Gefahr ſey. Es muß übrigens im Zimmer ſich weiter kein Licht befinden, als dasjenige, was vom Feuer herkommt.

Wenn das Feuer vermittelſt eines Schirms verdeckt, und ein ſtarkes Licht hinter dem Schirme geſetzt wird, ſo glaubt eine Perſon, welche bei dem Lichte ſteht, einen hellen großen Stern, oder vielmehr einen Planeten, wie etwa Jupiter oder Venus auf dem Tiſche zu ſehen; und ſetzt man einen ſchwachen Wachsſtock neben das Licht, ſo wird dieſer als der Trabante jenes Lichts erſcheinen. Bewegt man nun den Wachsſtock rund um das Licht, ſo wird der Trabante um den Planeten zu laufen ſcheinen. Ueberhaupt ſind die Erſcheinungen ſehr zahlreich und auffallend, welche vermittelſt konkaver Spiegel hervorgebracht

werden können. Eine oder zwei will ich Ihnen noch anführen, die Sie dann nach Gefallen verändern können.

Treten Sie auf dieſen Stuhl, und ſagen Sie mir, was Sie auf dem Topfe neben dem Vorſatze oder Schirme ſehen? Einen Blumenſtraus. — Strecken Sie Ihre Hand aus und nehmen Sie denſelben auf. Sie thaten dies vergebens, und ſehen izt, daß Sie es verſuchten, einen Schatten zu erhaſchen. Der Sinn des Geſichts iſt alſo der größten Täuſchung ausgeſetzt, wie dieſer unter unzählig vielen andern ausgewählte Verſuch Ihnen deutlich beweiſt. Um das Geheimniß einzuſehen, gehen Sie jetzt hinter den Schirm, wo ſie finden werden, daß ich einen Spiegel genau der Oefnung in dem Schirme gegenüber hingeſtellt habe. Auch befindet ſich daſelbſt eine Argandſche Lampe, welche ſo geſtellt worden, daß ſie ein ſtarkes Licht auf den Gegenſtand, nicht aber auf den Spiegel wirft. Der Blumenſtraus befindet ſich unterhalb der Oefnung in dem Schirme und umgekehrt, ſo daß er das Licht von der Lampe erhält. Hinter dem Schirme iſt alles ſchwarz angeſtrichen, damit kein Licht auf den Spiegel reflektirt werde. Alles übrige iſt genau demjenigen ähnlich, was Sie geſehen haben, und Ihnen bereits erklärt worden iſt.

Man nehme eine gläſerne Flaſche, fülle ſie zum Theil mit Waſſer, und verſtopfe ſie auf gewöhnliche Art. So ſetze man dieſe Flaſche einem konkaven Spiegel gegenüber, und jenſeits ſeinem Fokus, damit ſie umgekehrt erſcheine. Stellt man ſich nun in eine noch größere Entfernung, als die, in welcher die Flaſche ſich befindet, ſo wird man ſie in der Luft umgekehrt ſehen, und das Waſſer, welches doch wirklich in dem untern Theile der Flaſche iſt, wird das Anſehen haben, als ob es in dem obern ſey.

Kehren Sie die Flaſche vor dem Spiegel um, ſo wird das Bild in der natürlichen aufrechten Lage, und

das Waſſer in dem untern Theile der Flaſche erſcheinen. Oefnet man die Flaſche in dieſem umgekehrten Stande, ſo wird, während dem das Waſſer heraus läuft, das Bild derſelben damit gefüllt zu werden ſcheinen, allein ſobald die Flaſche leer iſt, hört auch die Täuſchung auf. Wenn die Flaſche ganz voll Waſſer iſt, findet ebenfalls keine Täuſchung Statt. Die merkwürdigen Umſtände bei dieſem Verſuche ſind, 1) daß man nicht nur einen Gegenſtand ſieht, wo doch keiner iſt, ſondern auch wo ſelbſt das Bild deſſelben nicht iſt; 2) daß von zwei Gegenſtänden, welche wirklich an einerlei Orte ſind, als die Oberfläche der Flaſche, und das darin enthaltene Waſſer, der eine an einem Orte, und der andere an einem andern geſehen wird u. ſ. f. Man nimmt an, daß dieſe Täuſchung theils davon herrührt, daß wir nicht gewohnt ſind, Waſſer hängend in einer Flaſche mit dem Halſe unterwärts zu ſehen, und theils von der Aehnlichkeit, welche zwiſchen der Farbe der Luft und des Waſſers iſt.

Da parallele Strahlen, welche auf einen konkaven Spiegel fallen, ſo zurückgeworfen werden, daß ſie ſich in einen Fokus vereinigen, und da ferner die Sonne ſo entfernt iſt, daß die Strahlen jedes Lichtkegels als parallel angeſehen werden können, ſo werden ſie gegen den Brennpunkt des Spiegels konvergiren, und die auf dieſe Art erzeugte Hitze wird hinreichend ſeyn, ſolche Körper in Flammen zu ſetzen, die vor dem Spiegel in die Brennweite, deſſelben, d. i. einen halben Halbmeſſer der Konkavität des Spiegels davon entfernt, gelegt werden. Die verſchiedenen Grade der Hitze in dem Fokus verſchiedener konkaver Spiegel wird auf gleiche Art geſchätzt, als wir bereits die Kraft in dem Fokus einer konvexen Linſe beſtimmten.

Die Alten bedienten ſich der konkaven Spiegel, um das Veſtaliſche Feuer wieder anzuzünden. Plutarch in ſeiner Lebensbeſchreibung des Numa erzählt, daß die

Inſtrumente, deren man ſich zu dieſer Abſicht bedienet, eine Art Schüſſeln geweſen, welche man der Sonne gegenüber geſetzt, und die brennbare Materie in den Mittelpunkt gelegt habe. Unter Mittelpunkt verſtand er aber wahrſcheinlich den Brennpunkt, indem er geglaubt, daß er in dem Mittelpunkte der Konkavität des Spiegels ſey.

Sie werden ohnſtreitig bereits eingeſehen haben, daß es viel Aehnlichkeit zwiſchen den Eigenſchaften konvexer Linſen, und konkaver Spiegel giebt. Konvexe Linſen und konkave Spiegel entwerfen vermöge der Konvergenz des Strahlenpinſels ein umgekehrtes Fokalbild von jedem entfernten Gegenſtande.

Konkave Linſen und konvexe Spiegel haben ebenfalls viel Aehnlichkeit in ihren Eigenſchaften; ſie machen, vermöge der Divergenz des Strahlenpinſels, insgemein ein aufrechtes Bild in dem eingebildeten Fokus.

In denjenigen Inſtrumenten, als z. B. in Teleſkopen, welche durch Reflexion wirken, vertritt der konkave Spiegel die Stelle der konvexen Linſe, und des konvexen Spiegels kann man ſich ſtatt der konkaven Linſe bedienen; indeſſen müſſen ihre Stellungen gegen einander wegen der Dunkelheit der einen und der Durchſichtigkeit der andern von denjenigen der Linſen nothwendig verſchieden ſeyn.

Die folgenden merkwürdigen Verſuche des Herrn King ſind zu wichtig, als daß ich ſie übergehen könnte. Ueberdies haben ſie beſonders einen großen Bezug auf verſchiedene Gegenſtände, wovon ich bisher gehandelt habe. Herr King ſetzte ein Licht von gewöhnlicher Größe in einer Entfernung von ſechs Fuß von einem konkaven Glasſpiegel, der zwei und einen halben Fuß im Durchmeſſer hielt, und in einem Abſtande von ſiebenzehn Fuß drei Zoll ſtellte er einen zweiten Glasſpiegel von zwei Fuß im Durchmeſſer. In den Fokus dieſes Spiegels, zwei Fuß ſechs Zoll davon

entfernt, legte er die Kugel eines Thermometers mit Fahrenheitſcher Skale. Innerhalb fünf Minuten ſtieg das Queckſilber in dem Thermometer, ohnerachtet es gegen 25 Fuß 9 Zoll von dem Lichte entfernt war, 8 Grade, nämlich von 60 bis zu 68; und nachdem das Thermometer wieder aus dem Fokus genommen worden, fiel es wieder auf 60. Daß deſſen Steigen nicht von irgend einer andern in dem Zimmer vorhandnen wärmenden Urſache herrührte, war gewiß, weil ein andres in dem Zimmer befindliches Thermometer die ganze Zeit über nicht ſtieg. Die Veränderung der Höhe des Queckſilbers rührte ſolchemnach blos von der Konzentration und Konvergenz der Lichtſtrahlen im Brennpunkte her.

Nunmehr nahm er das Licht weg, und ſetzte dafür unter den nämlichen Umſtänden einen kleinen Dratroſt von 4 Zoll im Durchmeſſer hin, worauf ſich drei angezündete Kohlen befanden, die er mittelſt eines gemeinen Blaſebalgs hell anblies. Das Thermometer wurde wieder in den Brennpunkt geſtellt, und innerhalb 6 Minuten ſtieg es von 60 bis 79, ohneracht et die Wärme des Zimmers auf keine Art durch dieſen Verſuch vermehrt würde, da es ſehr geraum war. Bei dieſem Verſuche ereignete ſich der merkwürdige Umſtand, daß man eine geringe Vermehrung der Wärme auf dem ganzen Wege von der Oberfläche des zweiten Spiegels bis zum Fokus merklich verſpürte, dahingegen, wenn man ſich der Sonnenſtrahlen bedient, ganz und gar keine ſolche Vermehrung der Wärme innerhalb der koniſchen Konvergenz bemerkt wird.

Nach Anſtellung verſchiedener ähnlicher Verſuche, die alle bewieſen, daß die Wirkung durch die Lichtſtrahlen und durch die Hitze glühender Körper hervorgebracht werde, ſetzte Herr King einen Theekeſſel mit kochendem Waſſer an die Stelle der Kohlen in einer Entfernung von 6 Fuß von dem erſtern Spiegel, und in den Fokus des

zweiten Spiegels ſtellte er das Thermometer. Nach 5 Minuten ſtieg das Queckſilber gegen 1 Grad, welches mehr war, als erwartet werden konnte; in den nächſtfolgenden 5 Minuten ſtieg das Thermometer noch 1 Grad mehr, indeß ein andres Thermometer in dem Zimmer unverändert ſtehen blieb. Nach andern fünf Minuten, als der Dampf abkühlte, fieng das Thermometer wieder an zu fallen, und innerhalb noch anderer fünf Minuten fiel das Queckſilber wieder um einen Grad.

Das Reſultat dieſer Verſuche iſt, daß Feuer in einem gewiſſen Grade auf die nämliche Art zurückgeworfen und gebrochen wird, wie die Lichtſtrahlen; denn eine konvexe Linſe, die zwiſchen dem Spiegel und dem Fokus gelegt wurde, verſtärkte die Wirkung der Wärme.

Wenn ein leuchtender Körper in den Fokus eines konkaven Spiegels gelegt wird, ſo werden deſſen Strahlen in parallelen Linien reflektirt, und folglich in einer großen Entfernung einen Raum von dem nämlichen Umfang, wie der Spiegel, ſtark erleuchten. Wird der leuchtende Gegenſtand näher als der Fokus geſetzt, ſo werden ſeine Strahlen divergiren, und folglich einen größern Raum erleuchten. Nach dieſem Grundſatze müſſen auch die Reverberiröfen errichtet werden.

Ich habe Ihnen nun noch zu zeigen, wie der eigentliche Fokus dieſer Spiegel aufgefunden werden kann, worauf ich Ihnen eine gedrängte Ueberſicht der bereits unterſuchten Eigenſchaften, und eine Erklärung der verſchiedenen Erſcheinungen in einem konkaven Spiegel geſehener Gemälde geben werde.

Die Fokallänge eines ſphäriſchen Spiegels zu finden.

1. Für einen konkaven Spiegel.

Man ſtelle den Spiegel ſo, daß deſſen Axe beinahe gegen den Mittelpunkt der Sonne zu ſtehe. Wenn der Spiegel konkav iſt, ſo ſuche man den Brennpunkt, oder fange das Bild auf einem weißen Stück Papier auf. Die Entfernung zwiſchen dem ſolchergeſtalt gefundenen Fokus und dem Vertex des Spiegels iſt die Fokallänge. Oder man bedecke den Spiegel mit einem Blatte dunkeln Papier, in welches man zwei oder mehrere Oefnungen macht, und beobachte, wo die von dieſen Oefnungen reflektirten Lichtſtrahlen ſich vereinigen, welches gleichfalls die Fokaldiſtanz ſeyn wird. Oder man ſetze endlich den Spiegel an das Ende einer langen Tafel in eine vertikale Lage, und ſtelle ein Licht an das gegenüberliegende Ende der Tafel, ſo daß deſſen Flamme dem Vertex des Spiegels gegenüber ſey. Man nehme alsdann ein Stück weißes Papier, und nachdem man es an einem Stabe befeſtiget, ſtecke man den Stab in die Röhre eines Leuchters, ſo daß das Papier ohngefähr in gleicher Höhe mit dem Lichte ſich befinde; hierauf bewege man das Papier oder das Licht vor- oder rückwärts, bis das Bild des Lichts auf dem Papiere genau über dem Lichte ſelbſt iſt. Der Punkt des Zuſammenſtoßens iſt dann der Mittelpunkt des Spiegels.

2. Für einen konvexen Spiegel.

Man befeſtige an dem Spiegel zwei runde dunkle Flecke, halte gegen den Spiegel parallel ein weißes Blatt Papier, und bemerke, wo die Schatten der Flecke darauf fallen, wie z. B. G, H Taf. VI. Fig. 1. Mißt man nun genau die Entfernung AG, und die Entfernung zwiſchen den Mittelpunkten der Schatten G, H, und zwiſchen

den Mittelpunkten der Flecke, dann GH — AD (=eH) zu AD, ſo iſt AG (= De) zu AF die geſuchte Diſtanz.

Oder man bedecke den Spiegel mit Papier, in welches man zwei Nadellöcher, eines nahe an jedem Rande des Spiegels, gemacht hat; ſo ſtelle man ihn gegen die Sonne, und halte ein anderes Blatt Papier dagegen, in welches man eine Oefnung gemacht hat, die groß genug iſt, daß die Sonnenſtrahlen hindurch zu den zwei Nadellöchern gehen können. Sie werden jetzt zwei weiße Flecke vom reflektirten Lichte an jeder Seite der Oefnung ſehen; bewegen Sie nun das Papier vor- und rückwärts, bis die Entfernung der Flecken zweimal ſo groß als die Entfernung der Oefnungen in der Bedeckung iſt, ſo wird dieſer Abſtand des Papiers von der Linſe der eigentliche Fokus ſeyn.

Allgemeine Eigenſchaften der Spiegel.

Um das Bild eines Gegenſtandes zu ſehen, welches von einem ſphäriſchen Spiegel gemacht wird, muß das Auge in die divergirenden Strahlen vor dem Bilde und in einer zum deutlichen Sehen gehörigen Entfernung geſtellt werden.

Wenn das Auge nahe bei dem Spiegel in die konvergirenden Strahlen geſtellt wird, ehe ſie noch das Bild erreichen, ſo wird es das Bild des Gegenſtands hinter dem Glaſe, und beinahe in der nämlichen Entfernung ſehen, als der Gegenſtand vor demſelben iſt, und von der nämlichen Größe.

Wenn das Bild beiden Augen ſehr nahe liegt, und die Augen ſich in den divergirenden Strahlen befinden, ſo wird es entweder gar nicht geſehen, oder doppelt erſcheinen; denn die Axen der Augen können nicht beide zugleich auf einen zu nahen Gegenſtand gerichtet werden.

Obſchon ein Auge kein Bild in der Luft ſehen kann, außer wenn es in den divergirenden Strahlen liegt, ſo kann es doch, wenn dieſes Bild auf einem weißen Papiere aufgefangen wird, in jeder Lage des Auges geſehen werden. Denn die von dem Spiegel zum Bilde und drüber hinaus zurückgeworfenen Strahlen, gehen blos in dieſer einzigen Richtung fort; allein wird das Bild auf einem weißen Papiere aufgefangen, ſo werden die Strahlen in jeder Richtung reflektirt.

Wenn das Auge bewegt wird, während dem es das Bild ſieht, ſo wird das Bild ſich zu bewegen ſcheinen; denn die Strahlen kommen nur nach und nach von den verſchiedenen Punkten des Spiegels zu dem Auge.

Wenn ein Gegenſtand in den wirklichen Fokus eines konkaven Spiegels gelegt wird, ſo iſt deſſen ſcheinbare Größe für das Auge an jedem Orte unveränderlich dieſelbe, und derjenigen gleich, in welcher der Gegenſtand dem unbewafneten Auge aus dem Mittelpunkte des Spiegels erſcheint. Folglich wird die ſcheinbare Größe eines in den eigentlichen Fokus gelegten Gegenſtands allezeit dieſelbe bleiben, wohin auch das Auge vor- und rückwärts von dem Spiegel bewegt wird.

Je näher das Auge dem Spiegel iſt, je mehr erſcheint von dem Gegenſtande, und umgekehrt.

Wenn der Gegenſtand näher iſt, als der wirkliche Fokus, ſo wird deſſen ſcheinbare Größe geringer, wenn man von dem Spiegel weggeht; iſt er aber weiter davon entfernt, ſo wächſt ſeine Größe.

Die ſcheinbare Größe eines Gegenſtands wird unveränderlich ſeyn, wo er auch befindlich iſt, wenn das Auge in der Brennweite liegt.

Wenn das Auge in einer geringern Entfernung iſt, als der eigentliche Fokus, ſo nimmt die Größe des

Gegenſtands ab, ſo wie er von dem Spiegel wegbewegt wird.

Wenn das Auge in einer größern Entfernung liegt, als dieſer Fokus, ſo wächſt die ſcheinbare Größe eines Gegenſtands, wenn man von dem Spiegel geht, bis man zu dem vereinigten Fokus gelangt, wo er alsdenn ganz undeutlich wird. Nachher vermindert er ſich wieder, und erſcheint umgekehrt.

Von den in einem konkaven Spiegel geſehenen Bildern.

Wenn ein nach den Regeln der Perſpektive entworfenes Gemälde vor einem konkaven Spiegel etwas näher als deſſen eigentlicher Fokus geſetzt wird, ſo wird das Bild des Gemäldes wie natürlich erſcheinen, und dem Originale, von welchem es genommen worden, faſt gleich ſeyn. Denn es werden nicht nur die Gegenſtände ſtark vergrößert, ſo daß ſie ihrer natürlichen Größe näher kommen, ſondern ſie haben auch verſchiedene ſcheinbare Entfernungen, ſo daß eine Anſicht von dem Innern einer Kirche, einer wirklichen Kirche ſehr ähnlich erſcheint, und Landſchaftgemälde den wirklichen gleich kommen, wie ſie aus dem Punkte erſcheinen, aus welchem ſie aufgenommen worden ſind.

Dieſe ſonderbare Erſcheinung läßt ſich größtentheils mittelſt dieſer Figur (Taf. VI. Fig. 3.) erklären, wo die krumme Linie pqr das geometriſche Bild des geraden Gegenſtands PQR iſt, oder diejenige Kurve, welche die Brennpunkte aller Lichtwinkel enthält, die von PR divergiren, und deren Axen durch den Mittelpunkt o des Spiegels BAC gehen, nachdem ſie von dieſem Spiegel reflektirt

worden. Nun läßt ſich aus der Geometrie beweiſen, daß das geometriſche Bild eines vor dem Spiegel befindlichen Cirkels, deſſen Mittelpunkt bei Q, und deſſen Durchmeſſer PR iſt, eine hohle Figur ſeyn werde, welche durch die Rotation der Kurve pqr rund um die Axe Oq entſteht. Nimmt man nun an, daß dieſe hohle Figur etwas wirkliches iſt, deſſen innere Oberfläche vermittelſt verſchiedener Farben in mehrere Theile unterſchieden iſt, und es ſey ein Gemälde davon auf dem Kreis PR entworfen; ſo daß der Geſichtspunkt bei O iſt; ſo würde ein Zuſchauer, welcher in o ſtünde, von den, von dem Gemälde nach der Reflexion durch den Spiegel zu ihm kommenden, Strahlen auf die nämliche Art afficirt werden, als ihn Strahlen afficiren würden, welche geradezu von der hohlen Figur kämen, nachdem der Spiegel und das Gemälde weggenommen worden; denn in dieſem Falle ſtoßen beide, die hohle Figur und das geometriſche Bild des Gemäldes, auf dem Kreiſe zuſammen.

Ferner wird das geometriſche Bild eines rechtwinklichten Parallelograms AB Taf. VI. Fig. 4. welches da ſteht, wo PQR Fig. 3. ſich befindet, gleichfalls eine hohle Figur ſeyn, nur einer Pyramide mit vier Seiten ähnlicher, als einer vermöge der Rotation der Kurve pqr beſchriebenen Figur. Auf gleiche Art werden die Seiten eines kleinern Parallelograms innerhalb dem erſtern denjenigen des erſtern gleich ſeyn, aber in einem größern Abſtande; und ſo werden ebenfalls die Seiten der verſchiedenen Parallelogramme cd, ef u. ſ. f. ihre Bilder in einer Reihe hinter einander haben, und das mittelſte das entfernteſte von allen ſeyn, daß alſo das geometriſche Bild der ganzen Figur gewiſſermaßen dem Abſchnitt einer hohlen Pyramide mit vier Seiten ähnlich iſt, welche wegen der größern ſcheinbaren Entfernung der kleinern oder mittlern Theile beinahe gleich einem hohlen Priſma erſcheint, wovon pstr ein Abſchnitt iſt.

Wenn nun ps, oder rt die Länge, und st oder pr die Breite der innern Seite einer Kirche iſt, von der eine perſpektiviſche Anſicht von O auf der Fläche PR entworfen worden, ſo wird alsdann die geometriſche Figur der Kirche ſelbſt ziemlich gleich erſcheinen. Denn das Gemälde auf der Fläche PR iſt eine Figur, welche eigentlich aus verſchiedenen Parallelogrammen beſteht, welche ſich, nach Art der oben beſchriebnen, gegen die Mitte zu verjüngen. Iſt nun das Gemälde nach Verhältniß der Größe des Spiegels nicht zu groß, ſo werden die Krümmungen, welche von der Form des Spiegels entſtehen, nicht ſehr beträchtlich ſeyn. Weil aber die meiſten der Lichtpinſel, welche zu dem Auge gelangen, aus Punkten divergiren, welche ſich in großen Entfernungen befinden, ſo ſind ihre verſchiedenen Divergenzen nicht allein hinreichend, um den wahren Ort ihrer Brennpunkte zu beſtimmen, und das ſcheinbare Bild einer bei PR geſtellten Fläche wird faſt ſo konkav erſcheinen, als das geometriſche Bild.

Hierzu tragen indeſſen noch mehrere Urſachen bei. Die nebeneinander liegenden Theile des Gemäldes des Bodens z. B. bilden eine lange Reihe ſichtbarer Bilder, die gleichfalls neben einander liegen. Die Bilder der entferntern Theile erſcheinen daher zu gleicher Zeit bläſſer und kleiner, weil die Gemälde der entferntern Theile des wirklichen Bodens ſich nach Verhältniß geſchwinder verjüngen, als die ſcheinbaren Diſtanzen der Bilder der Gemälde wachſen. Aller dieſer zuſammentreffenden Urſachen wegen erhält alſo das Auge beinahe den nämlichen Eindruck, als ob es den wirklichen Boden ſähe; in beiden Fällen iſt der Anblick beinahe einerlei, nämlich eine ſich weit erſtreckende Oberfläche, die etwas in der Breite und zwar gegen das entferntere Ende allmählich vermindert iſt. Auf gleiche Art erſcheinen die Wände aufrecht, und auf jeder Seite ausgedehnt, ſo wie die Decke dem Boden gegenüber: und

alles zuſammen neigt ſich allmählich genau auf die nämliche Art, wie ein großes Zimmer dem unbewafneten Auge erſcheint, wenn man es von dem einen Ende betrachtet. Außer dieſem tragen das Fenſterlicht von den Seiten, die von den aufrechten Gegenſtänden auf den Boden u. ſ. f. geworfnen Schatten gleichfalls das ihrige hierzu bey. Alles dies zuſammengenommen überwiegt hinreichend die Unvollkommenheiten des geometriſchen Bildes. Daher ſehen wir ſtatt eines verzogenen und entſtellten Bildes, gewiſſermaßen eine wirkliche Kirche, indem die ungeheure Größe des Ganzen, die ſichtbare Konkavität, und die verhältnißmäßige Länge und Entfernung der Theile gemeinſchaftlich dahin wirken, dieſe Idee zu erzeugen. Landſchaften u. d gl. werden auf gleiche Art vermittelſt eines konkaven Spiegels ſehr vervollkommt dargeſtellt.

Dieſe Phänomene erſcheinen beiden Augen ungleich vollkommner, als einem allein, und auch der, welcher nicht weiß, was das Gemälde auf dem Papiere vorſtellt, wird denſelben Anblick haben; ein Beweis, daß die erwähnten Phänomene ſich auf kein Vorurtheil gründen. Ein Kind, welches niemals etwas dem ähnliches geſehen hat, was vorgeſtellt wird, zeigt ſehr große Freude und Erſtaunen, wenn es einen Kupferſtich in einem konkaven Spiegel betrachtet. Wenn man ſagen kann, daß die Natur in irgend etwas verbeſſert werden könne, ſo glaube ich, daß es hier der Fall ſey

Von dem Sehen vermittelſt des von einem konvexen Spiegel reflektirten Lichts.

Wir haben demjenigen nur wenig beizufügen, was wir bereits über dieſen Gegenſtand erwähnet haben. In

einem konvexen Spiegel werden die Bilder von den Gegenſtänden jederzeit aufrecht, etwas gebogen gegen das Auge und verkleinert, wiewohl dem Spiegel ziemlich nahe geſehen; je größer daher die Konvexität iſt, deſto näher, kleiner und konvexer werden auch die Bilder der Gegenſtände erſcheinen.

Wenn der Spiegel ein ſehr großes Segment iſt, ſo wird er Bilder von Gegenſtänden darſtellen, die ziemlich weit von einander ſind; ſo daß ein Theil der Decke, des Bodens und der beiden Seiten des Zimmers zu gleicher Zeit geſehen wird, und das Ganze ein entſprechendes Gemälde macht: je näher aber das Auge dem Spiegel iſt, deſto größer wird auch das Feld der ſichtbaren Gegenſtände ſeyn. Die Erſcheinung iſt eine Art von Mittel zwiſchen den Gegenſtänden ſelbſt, und einem guten Gemälde derſelben auf einer platten Oberfläche; daher dieſerwegen ſo wie in Rückſicht der Zuſammenſtellung der Gegenſtände ein konvexer Spiegel für einen Landſchaftmaler ſehr nützlich ſeyn muß.

Wenn, während dem die Gegenſtände und der Spiegel unbeweglich bleiben, Sie ſich dem Spiegel nähern, oder davon entfernen, ſo werden die ſcheinbaren Oerter und Größen der Bilder unveränderlich bleiben: allein bewegt ſich ein Gegenſtand gegen oder von dem Spiegel, ſo wird die Bewegung der Bilder in entgegengeſetzter Richtung ſeyn, und ſo wie er näher kommt, oder ſich davon weiter entfernt, wird er entweder vergrößert oder verkleinert erſcheinen.

Wenn man einen konvexen Spiegel gegen ein Fenſter, das eine ausgebreitete Ausſicht hat, oder gegen das Ende einer Straße zu ſtellt, ſo wird die große Menge der hinter einander geſehenen Gegenſtände, und die Verjün-

gung ihrer Bilder uns auf einige Zeit glauben machen, daß ſie weit von uns entfernt ſind, und vielleicht ſogar weiter, als die Gegenſtände ſelbſt es wirklich ſind. Allein betrachtet man alles aufmerkſamer, ſo wird dieſer Irrthum verſchwinden, und die ſcheinbaren Oerter der Bilder werden nicht merklich von ihren wahren Oertern verſchieden ſeyn, oder denjenigen Oertern, von woher die Strahlen zu dem Auge divergiren.

Von dem Sehen vermittelſt der Planſpiegel.

Ich habe Ihnen bereits die Theorie der durch Reflexion und Refraktion von planen und ſphäriſchen Spiegeln entworfnen Bilder erklärt; ich will daher nun noch die Erſcheinungen des Sehens durch Planſpiegel näher betrachten.

Gegenſtände, wie wir bereits bemerkt haben, welche durch die Reflexion von Planſpiegeln geſehen werden, erſcheinen insgemein ſo vollkommen und natürlich, daß, wenn der Spiegel ſelbſt nicht geſehen wird, wir leicht die Bilder mit den wirklichen Gegenſtänden verwechſeln können, von denen ſie doch nur Abdrücke ſind. Ein Menſch erſcheint voll Leben, als wirklicher Körper, nicht als ein bloßes oberflächliches Bild, ſo wie jede Reihe von Gegenſtänden, welche vor dem Spiegel lieget, eine ähnliche Reihe auf der andern Seite darſtellet, ſo daß alle Gegenſtände an ihrer gehörigen Stelle erſcheinen, ſo wie es die Theorie der Bilder und des Sehens erfordert, nur mit dem Unterſchiede, daß die Bilder etwas dunkler erſcheinen, als die Gegenſtände, weil wegen der Reflexion Licht verloren geht, welches denn auch, wenn die Bilder entfernt ſind, auf ihre ſcheinbaren Entfernungen Einfluß hat, beſonders wenn, wie es der Fall öfters iſt, ein Theil

des Bodens, welcher die wahren Gegenſtände enthält, nicht geſehen wird, oder wenn der Spiegel nicht ſenkrecht ſteht. Wenn die Bilder nahe ſind, ſo haben dieſe Urſachen wenig merkbare Wirkung.

Wenn Sie Ihr eigenes Bild im Spiegel ſehen, oder dasjenige eines Gegenſtandes hinter Ihnen, ſo wird das Bild, wenn es aufrecht iſt, in dem Spiegel in Hinſicht auf die rechte oder linke Seite umgekehrt erſcheinen, weil der Gegenſtand und das Bild gegen einander über ſtehen, oder nach der entgegengeſetzten Seite ſehen. Dem nicht ungleich iſt der Fall, wenn der Gegenſtand zwiſchen uns und dem Spiegel iſt, ob wir ihn ſchon für verſchieden halten, weil wir nicht bemerken, daß es die Rückſeite von der uns zugekehrten iſt, und ſolchemnach dasjenige die rechte Seite des Gegenſtands nennen, was wir die linke nennen würden, wenn wir auf der andern Seite wären. Die Erſcheinungen des Sehens in Planſpiegeln ſtimmen ſo vollkommen mit der Theorie der Bilder überein, daß wir in dieſer Rückſicht weiter etwas zu erwähnen nicht für nöthig finden, ſondern fortfahren, die Erſcheinungen zu erklären, wenn zwei oder mehr Spiegel mit einander verbunden werden, oder wenn der eine eine geneigte Richtung erhält.

Wenn ein Planſpiegel gegen den Horizont unter einem Winkel von 45 Grad mit ſeiner Fläche unterwärts geneigt wird, ſo wird ein aufrechter Gegenſtand ſein Bild in einer horizontalen Lage machen, und das Bild eines horizontal liegenden Gegenſtands wird aufrecht erſcheinen.

Wenn AB Taf. VI. Fig. 6. ein Planſpiegel iſt, mit ſeiner reflektirenden Oberfläche unterwärts gelegt, und CD ein Gegenſtand, der mit dem Horizonte parallel iſt,

ſo wird alsdann der Spiegel AB, welcher einen halben rechten Winkel macht, auch einen halben rechten Winkel mit dem Gegenſtande machen; oder ABC wird ein Winkel von 45 ° ſeyn. Unter welchem Abſtande von dem Spiegel nun ein Punkt C in dem Gegenſtande ſich befindet, in eben dem Abſtande von dem Spiegel wird auch der entſprechende Punkt c in dem Bilde auf der andern Seite erſcheinen; es wird daher GE gleich cE ſeyn: und aus dem nämlichen Grunde wird auch jeder andre Punkt D genau eben ſo weit entfernt vor dem Spiegel ſeyn, als ſein correſpondirender Punkt d hinter demſelben iſt; daß alſo da der Gegenſtand einen Winkel von 45 ° auf der einen Seite des Spiegels macht, das Bild gleichfalls einen Winkel (von dem nämlichen Angularpunkte) von 45 ° auf der andern machen werde, indem 45 zu 45 addirt, 90 °, oder einen rechten Winkel macht. Das Bild iſt alſo ſenkrecht gegen den Gegenſtand, und weil es ſenkrecht gegen den Horizont ſteht, ſo wird es aufrecht erſcheinen. Aus dem nämlichen Grunde wird das Bild eines aufrechten Gegenſtandes in einer horizontalen Lage erſcheinen. Wenn Sie daher aufrecht vor einem Spiegel ſtehen, welcher gegen den Horizont mit der Fläche aufwärts gerneigt iſt; ſo werden Sie Ihr Bild horizontal ausgeſtreckt ſehen, gleichſam als ob ſie auf dem Boden lägen, und das Geſicht aufwärts kehrten.

Sehen Sie in einen Planſpiegel, welcher gegen den Horizont unter einem Winkel von 45 °, aber mit der Spiegelfläche unterwärts geneigt iſt, ſo werden Sie ſich gleichſam in fliegender Stellung ſehen; Sie werden horizontal in der Luft mit Ihrem Geſichte unterwärts aufgehangen zu ſeyn, und iſt der Spiegel lang genug, ſo werden Sie auf- oder unterwärts zu fliegen ſcheinen, je nachdem Sie gegen den Spiegel zu, oder davon weggehen.

Eben ſo wird, wenn der Spiegel unter irgend einem andern Winkel geneigt iſt, der Winkel des Bildes auf gleiche Art verändert werden. Von allen dieſen Lagen können Sie ſich leicht vermittelſt eines gemeinen Stubenſpiegels überzeugen, da die Neigung deſſelben willkührlich verändert werden kann.

Auf dieſen Grundſätzen beruht die optiſche Täuſchung, welche bei Dr. Hooper unter dem Namen der belebten optiſchen Kugeln vorkommt. Auf einem flachen Brete befindet ſich eine ſchlangenförmige Fuge ſolchergeſtalt, daß wenn das Bret geneigt, und eine kleine elfenbeinerne Kugel oberhalb der Fuge eingelegt wird, ſie mit gleicher Geſchwindigkeit bis zum Boden herabrollet. Dieſes Bret befindet ſich in einem Gehäuſe, worin ein Spiegel ſo geneigt liegt, daß das Bret vertikal, und das untere Ende oberhalb erſcheint; die Kugel wird folglich aufwärts zu rollen ſcheinen. Um die Täuſchung zu vermehren, macht man die Einrichtung ſo, daß der Grund des Betrugs den Augen der Zuſchauer entzogen wird.

In jeder Menge von Planſpiegeln, welche alle in einerlei Fläche liegen, kann aus einerlei Orte blos ein Bild des nämlichen Gegenſtandes geſehen werden. Denn es mögen ihrer noch ſo viele ſeyn, ſo haben ſie blos die Wirkung Eines Spiegels, und der Gegenſtand wird mittelſt der Strahlen geſehen, welche von demſelben bis zum Auge gelangen.

Wenn ein Auge ſich bei I Taf. VI. Fig. 7. innerhalb dem Winkel ABC befindet, der durch zwei Planſpiegel AB, BC gemacht wird, ſo wird es ſo viele Bilder eines Gegenſtands O, der gleichfalls innerhalb dieſem Winkel liegt, ſehen, als man ſenkrechte Li-

nien nach und nach auf den Spiegel von dem Gegenſtande und von jedem Bilde fallen laſſen kann.

1. Man laſſe die ſenkrechte Linie OD auf den Spiegel BC fallen, mache ND gleich NO, und der Punkt D wird der Ort des Bildes ſeyn: denn wenn man ID von dem Auge, und von g, wo es den Spiegel trifft, go ziehet, ſo findet man, daß der Einfallswinkel OgN, dem Winkel BgI gleich iſt.

2. Wenn man von dem Punkte D auf den Spiegel AB die ſenkrechte Linie DE fallen läßt, und kE = kD macht, ſo wird der Punkt E aus eben den Gründen der Ort des zweiten Bildes ſeyn, deſſen Gegenſtand D iſt.

3. Läßt man von E auf den Spiegel BC eine ſenkrechte Linie EQ fallen, und machet QF gleich EQ, ſo wird F der Ort des dritten Bildes ſeyn, deſſen Gegenſtand E iſt.

4. Wenn man von F eine ſenkrechte Linie auf AB fallen läßt, ſo wird ſie über B nach FG jenſeits der Gränzen der Spiegel gehen.

Auf gleiche Art kann man zeigen, daß in H ein Bild des Gegenſtands O mittelſt des Strahls Ih geſehen wird, der von dem einfallenden Strahle Oh reflektirt worden; und ein zweites in k, welches durch den Strahl cI geſehen wird, der von ct, und dieſer von dem einfallenden Strahle Ot reflektirt worden; daß es ferner ein drittes in L giebt, welches mittelſt des einfallenden Strahles Ol geſehen wird, der in la, ſodann in ak, und nachgehends in kI reflektirt worden. Mehrere aber können nicht geſehen werden, weil die ſenkrechte Linie LM von dem letzten Bilde außerhalb dem Spiegel fällt.

Aus der Figur werden Sie ſehen, daß das erſte Bild vermittelſt Eines reflektirten Strahls geſehen wird, das zweite durch zwei, das dritte durch drei.

Der Abſtand eines jeden Bildes vom Auge iſt gleich ſeinem einfallenden Strahle, addirt zur Summe des reflektirten Strahls deſſelben.

Das erſte Bild iſt heller als das zweite, das zweite heller als das dritte u. ſ. f.: denn die Stärke des Lichts nimmt allmählich ab, da eine große Menge bei jeder Reflexion verloren geht.

Je größer der Winkel iſt, der von den Spiegeln gemacht wird, deſto geringer iſt die Anzahl der Bilder; denn die Katheten des Einfalls trennen ſich von einander vermöge einer Winkelbewegung, gleich derjenigen, wodurch die Spiegel getrennt werden, und fallen folglich endlich ganz jenſeits, ſo daß wenn die Spiegel einen rechten Winkel machen, nur zwei Bilder, und iſt er ſehr ſtumpf, gar nur eins Statt finden kann.

Liegen zwei Spiegel in einer unendlichen Länge parallel neben einander, ſo wird eine unendliche Menge von Bildern Statt finden, von denen jedoch die hintern, wegen ihrer größern Entfernung und ihrer Dunkelheit, nothwendigerweiſe immer ſchwächer werden, und endlich ganz verſchwinden. Wenn daher zwei Planſpiegel parallel neben einander geſetzt werden, ſo wird eine Reihe Bilder von dem Boden, oder dem Raume zwiſchen denſelben ſich auf beiden Seiten unbeſtimmt weit erſtrecken, und die Menge der Bilder würde unzählbar ſeyn, wenn nicht durch die ununterbrochene Reflexion immer mehr Licht verloren gienge, ſo daß man endlich keine Bilder mehr wahrnimmt. Stehen Sie zwiſchen zwei ſolchen Spiegeln, ſo werden Sie in demjenigen, welcher vor Ihnen iſt, ſich vorwärts und hinterwärts vervielfältigt ſehen, obſchon freilich immer bläſſer und bläſſer.

Auf dieſem Grundſatze beruhen eine Menge ſinnreicher Beluſtigungen, die beſonders unter dem Namen der **gränzenloſen Gallerie** und **der magiſchen Spiegel** bekannt ſind.

Die erſte beſteht aus einem langen Kaſten, welcher an beiden Enden mit einem Spiegel belegt iſt, ſo daß ſie genau gegen einander über ſtehen; von einem derſelben wird etwas von der Queckſilberbelegung weggenommen, um dadurch innerhalb den Kaſten zu ſehen, in welchen zwei oder drei gemalte Vorſtellungen gelegt, und oberhalb mit durchſichtigem Flor bedeckt werden. Da die Vorſtellungen auf beiden Seiten gemalt ſind, ſo werden ſie nach und nach von einem Spiegel gegen den andern reflektirt: wenn alſo das Gemälde z. B. aus Bäumen beſteht, ſo werden ſie als eine ſehr lange Allee erſcheinen, deren Ende das Auge nicht weiter erreichen kann; denn da jeder Spiegel die Gegenſtände immer bläſſer und bläſſer wiederhohlt, ſo trägt dieſes viel bei, die Täuſchung zu vermehren.

Die andre beſteht aus einem viereckigen Kaſten mit vier Planſpiegeln, welche ſenkrecht auf dem Boden deſſelben errichtet ſind. Auf den Boden werden ferner gewiſſe halb erhabene Gegenſtände gelegt, und oben über eine Decke von durchſichtigem Flor ſchief wie das Dach eines Hauſes angebracht. In dieſer befindet ſich die Oefnung um hineinſehen zu können. In dieſem Kaſten nun werden von den gegen einander über ſtehenden Spiegeln die inneliegenden Figuren wechſelsweiſe reflektirt, und das Auge ſieht eine gränzenloſe Fläche, die überall mit Gegenſtänden bedeckt iſt. Wenn daher die Gegenſtände gehörig geordnet worden ſind, ſo wird dieſe Täuſchung ſehr viel Unterhaltung gewähren *).

*) Beluſtigende Verſuche dieſer Art findet man beinahe in allen gegenwärtig curſirenden Magien von Halle, Wiegleb, Funk u. a. m.

In einem einzelnen Planſpiegel, welcher von ſtarkem Glaſe gemacht, und mit Queckſilberfolie belegt worden iſt, werden viele Bilder eines hellen Gegenſtandes, z. B. einer Flamme geſehen.

Da die erſte Oberfläche des Glaſes dicht und polirt iſt, ſo macht ſie an ſich ſelbſt ſchon einen Spiegel, welcher alle Strahlen, die nicht durch das Glas gehen, zurückwirft und daher ein ſchwaches Bild des Gegenſtands darſtellt. Sieht man ſchief in einen Spiegel nach einer Lichtflamme, ſo findet man, daß die Lichtſtrahlen zu verſchiedenen malen zwiſchen ſeinen Oberflächen reflektirt werden, indem er eine Reihe von Bildern darſtellt: alle dieſe Bilder nehmen an Helligkeit ab, bis endlich die Strahlen zu blaß werden, um ferner ein Bild zu machen. Am deutlichſten ſind dieſe zu unterſcheiden in je ſchieferer Richtung man ſie betrachtet. Dieſe Erſcheinung beweiſt zugleich deutlich, daß das Licht eine beträchtliche Verminderung in ſeinem Durchgange durch das Glas erleidet *).

Wenn ein Planſpiegel ſich um eine Axe bewegt, ſo iſt die Winkelbewegung der Bilder doppelt ſogroß als diejenige des Spiegels.

Es ſey AB Taf. VI. Fig. 2. ein Spiegel, OE ein einfallender Strahl, EF ein reflektirter Strahl. Nimmt man nun an, daß ſich der Spiegel um eine Axe bei E drehe, und die Lage CD erhalte, ſo wird alsdann der

*) Ich habe über dieſen Gegenſtand die ganze Abhandlung des de la Hire aus den Mem. d. Par. Akad. in meine Sammlung von Inſtrumenten aufgenommen, worauf ich mich hier beziehe.

einfallende Strahl OE zum reflektirten Strahl GE haben. Nun iſt der Winkel FEG, welcher die Winkelbewegung oder die Größe ausdrückt, um welche ſich der reflektirte Strahl von ſeiner erſten Situation FE bewegt hat, das doppelte von AEC, der Winkelbewegung des Spiegels. Wenn daher der Spiegel ſich um den vierten Theil eines Kreiſes bewegt, ſo bewegt ſich der reflektirte Strahl um einen halben Kreis: aus dieſer Urſach geſchieht es auch, daß die von einem Spiegel zurückgeworfnen Bilder der Sonne ſich ſo ſchnell bewegen, ſo wie eben daher auch die Bilder derſelben, wenn ſie von faſt ruhigem Waſſer reflektirt werden, in ſtarker Bewegung erſcheinen, beſonders wenn ſie in einiger Entfernung von dem Punkte des Einfalls geſehen werden *).

Die Güte der Planſpiegel zu beurtheilen. Nachdem ich die Erſcheinungen der Planſpiegel erkläret habe, will ich Ihnen noch einige Bemerkungen mittheilen, um Sie in Stand zu ſetzen, von der Vollkommenheit dieſer Spiegel zu urtheilen.

Ein Spiegel muß in ſeiner Figur ganz genau, und gut polirt ſeyn. Ob ein Planſpiegel die vollkommenſte Figur habe, erkennt man leicht daran, wenn die Bilder in allen Lagen, beſonders in ſehr ſchiefen, und aus allen Theilen des Spiegels geſehen, genau gleich und den Objekten ähnlich erſcheinen; d. i. wenn die Bilder, beſonders die entfernteſten Gegenſtände in dem Zimmer, natürlich erſcheinen, ohne daß irgend ein Theil derſelben verzerrt iſt, ſo beſitzt der Spiegel die gehörig gute Figur. Zu dieſer Probe dienen vorzüglich die geraden Ecken der Leiſten einer Tapezierung. Eine Ebne muß ſehr fehlerhaft ſeyn, wenn

*) Auf dieſen Umſtand gründen ſich die Hadleyſchen Oktanten und Sextanten. G.

ein hinein ſehendes Geſicht verzerrt erſcheint, weil kleine Abweichungen nicht merklich ſind, da die Strahlen faſt gerade zum Auge zurückgeworfen werden. Allein wenn zwey Perſonen, jede der andern Bild ſo ſchief betrachtet, als es möglich ſeyn kann, ſo werden ſie bald ſehen, ob der Spiegel fehlerhaft iſt.

Man hält es ſchon für ſehr ſchwer eine vollkommne Fläche zu ſchleifen, aber noch größer iſt die Schwierigkeit, einen guten Spiegel zu machen, weil die beiden Seiten nicht nur parallel, ſondern auch eben ſeyn müſſen. Wenn die Bilder einer unter verſchiedenen ſehr ſchiefen Richtungen, und von allen Theilen des Glaſes geſehenen Lichtflamme nicht immer in faſt gleichen Entfernungen von einander erſcheinen, ſo iſt dies ein Beweis, daß die Seiten des Glaſes weder eben noch parallel ſind.

Je beſſer ein Spiegel polirt iſt, deſto heller werden die Bilder ſeyn, d. i. das Auge wird mehr Licht von demſelben erhalten. Je dunkler die Farbe eines gläſernen Spiegels iſt, deſto höher iſt die Politur. Verſchiedene Gläſer, obſchon gleich vollkommen polirt, werden nicht immer gleich dunkel erſcheinen; im allgemeinen finden jedoch die eben angeführten Regeln Statt, und der dunkelſte verdient den Vorzug.

Siebenzehnte Vorleſung.

Ueber die Natur des Sehens.

Nachdem ich Ihnen die allgemeine Theorie der Reflexion und Refraktion des Lichts erklärt habe, will ich nunmehr zur Theorie des Sehens übergehen, ein Gegenſtand, der nicht nur an ſich merkwürdig und unterhaltend iſt, ſondern ohne welchen auch verſchiedene optiſche Erſcheinungen weder erklärt, noch ſelbſt die Theorie optiſcher Inſtrumente, und die Art und Weiſe verſtanden werden kann, wie eben dadurch die natürlichen Gränzen des Sehens ſo weit ausgedehnet werden können. Die Augen, dieſe vorzüglichen Werkzeuge, welche die Empfindungsvermögen der Seele zu einer Aehnlichkeit mit jenen der höhern Weſen erheben, und welche in einem Augenblicke von Zeit Eindrücke von einer faſt unendlichen Mannichfaltigkeit von Gegenſtänden aufnehmen, ſind in ihrem Baue äußerſt einfach und der deutlichſte Beweis von Kunſt und Abſicht. Ich wende mich daher zuvörderſt zur Beſchreibung dieſes wundervollen Organs.

Kurze Beſchreibung des Auges.

Bei Beſchreibung des Auges hat man natürlicher Weiſe zuerſt auf die äußern, und ſodann auf die innern, oder diejenigen Theile zu ſehen, welche unmittelbar das Sehen bewirken.

Das Auge liegt, wie bekannt, unter dem Vorderkopfe, innerhalb einer beinernen Höhle, welche die Augenhöhle genennt wird; die Form deſſelben iſt kugelähnlich, und es beſteht aus verſchiedenen Häuten und Flüſſigkeiten nebſt Gefäßen, die ihre eigenen Funktionen haben.

Die verſchiedenen Häute des Auges bilden eine vollkommene Kugel, den vordern Theil deſſelben ausgenommen, welcher etwas mehr hervorragend iſt als der übrige. Innerhalb dieſer Kugel befinden ſich drei verſchiedene Flüſſigkeiten oder durchſichtige Subſtanzen.

Die Augenhöhle iſt von kegelförmiger Geſtalt, die aber nach allen Dimenſionen nicht vollkommen regelmäßig iſt; ſie beſteht aus ſieben Knochen, und iſt mit Fett überzogen, welches dem Auge zu einem weichen Polſter dient, auf welchem es ruht, um ſeine verſchiedenen Bewegungen mit Leichtigkeit und Sicherheit verrichten zu können. Im Grunde der Augenhöhle befinden ſich einige Oefnungen zum Durchgange der Nerven, Venen und Arterien.

Die Augenbraunen beſchützen die Augen gegen das Licht, wenn es zu ſtark iſt, und verhindern, daß ſie von keinen Subſtanzen beläſtiget werden, welche an dem Vorderkopfe herabfallen, und ſolchemnach ins Auge kommen dürften. Und damit zugleich die Augenbraunen von noch größerm Nutzen ſeyn, und einen noch vollkommnern Schirm machen können, ſind ſie mit Muskeln verſehen, welche ſie herab- und zuſammenziehen, daher wir auch wirklich, wenn wir auf einer ſtaubigen Straße gehen, oder uns in einem blendenden Lichte befinden, die Augenbraunen unterwärts ziehen, und ſolchemnach das Auge gegen den Glanz und gegen den Staub ſchützen. Zugleich ſehen wir auch hieraus, daß der Schatten, welchen die Stirn macht, und ſich gegen drei Zoll davon erſtreckt, ganz eigent-

lich ſchwachen Augen gegen den auffallenden Glanz des Lichts dienlich iſt.

Das Vorragen der Augenbraunen giebt außerdem dem Geſichte einen beſtimmten Charakter, daher denn auch le Brün in ſeinen Anweiſungen für einen Maler, mit Hinſicht auf die Leidenſchaften, eben darin die Hauptſtärke des Ausdrucks ſetzt. Die Augenbraunen verurſachen auf dem Gemälde einen tiefen Schatten, welcher die andern Farben und Züge erhebt. Niedergedrückte Augenbraunen zeigen von Verdruß und Kummer, indeß die Erhabenheit derſelben Freudigkeit und Ruhe der Seele ausdrückt.

Die Augenlieder, gleich zwei Vorhängen, ſchützen und bedecken die Augen, während dem wir ſchlafen, und wenn wir erwachen, ſo verbreiten ſie vermöge ihrer Bewegung eine Feuchtigkeit über das Auge, welche es reinigt, und dadurch geſchickter macht, die Strahlen des Lichts durchzulaſſen.

Jedes Auge iſt mit zwei Augenliedern verſehen, eines oben, das andre unten, die ſich zu beiden Seiten in den ſogenannten Augenwinkeln mit einander verbinden; beide Augenlieder ſind mit einer Haut verbunden, welche zugleich ſoviel von dem Augapfel umhüllt, als unter dem Weißen des Auges verſtanden wird, und dieſe Einrichtung verhindert, daß Staub oder andere fremdartige Theilchen nicht hinter das Auge in die Augenhöhle dringen können.

Damit die Augenlieder mit größerer Genauigkeit ſich ſchließen, und nicht runzlich werden, wenn wir ſie heben oder fallen laſſen, ſo ſind die Ränder mit knorpelartigen Reifen verſehen. Die Augenwimper gleichen zwei Palliſaden von kurzen Haaren, gehen aus den knorpelartigen Reifen hervor, und warnen das Auge vor Gefahren, indem ſie zugleich die in der Luft ſchwimmenden Stäubchen, und die ſchwärmenden Fliegen abhalten. Ein an-

drer Nutzen derſelben iſt, daß ſie die Strahlen ſolcher Objekte, die über der Geſichtslinie liegen, auffangen, und dadurch die Bilder von andern Gegenſtänden deutlicher und lebhafter erſcheinen: ſo wie in der Kamera obſkura das Bild immer am hellſten iſt, wenn keine andre Strahlen zudringen können, als die von dem Gegenſtande kommen. Die Augenwimper tragen übrigens viel zur Schönheit des Geſichts und zu den ſanften Umriſſen der Geſichtszüge bei.

Beide Augenlieder ſind zwar beweglich, indeſſen iſt dieſe Bewegung bei den obern ſtärker, als bei den untern, welche vielmehr den Bewegungen der nahe liegenden Theile folgen, als daß ſie durch beſondere eigene Kräfte bewegt würden. Die Haare der Augenwimper wachſen blos bis zu einer gewiſſen Länge, und brauchen niemals verſchnitten zu werden. Die Spitzen der obern ſind aufwärts, ſo wie diejenigen der untern niederwärts gebogen.

Aus dem bisher geſagten ergiebt ſich alſo von ſelbſt, warum das Geſicht derjenigen, deren Augenwimper ſchwarz ſind, überhaupt genommen viel ſtärker iſt, als derjenigen, welche blonde oder weiße Augenwimper haben; die ſchwarzen Augenwimper geben nämlich dem Auge mehr Schatten, und reflektiren kein Licht von ihrer innern Seite, welches das Bild auf der Netzhaut ſchwächen oder ganz verwiſchen könnte. Montaltus erwähnet eines jungen Mannes, deſſen Augenwimper und Augenbraunen ganz weiß geweſen, daher denn auch deſſen Geſicht am Tage ſehr undeutlich, bei der Nacht aber ſehr ſcharf war. Dieſer Mann wurde von den Mohren gefangen genommen, welche ſeine Augenwimper ſchwarz färbten, wodurch ſein Geſicht ſehr verſtärkt wurde: als aber mit der Zeit ſich die Farbe abwuſch, wurde auch ſein Geſicht wieder ſchwach. Dr. Ruſſel ſagt in ſeiner Naturgeſchichte von Aleppo, daß es unter den türkiſchen Frauenzimmern gewöhnlich ſey die innere Seite

ihrer Augenlieder nicht blos zur Zierrath ſchwarz zu fär-ben, ſondern weil ſie auf dieſe Art ihr Geſicht vorzüglich ſtärkten. Wenn die Augenlieder verloren gehen, ein Zu-fall, welcher nicht ſelten bei bösartigen Blattern erfolgt, ſo wird jederzeit das Geſicht ſehr geſchwächt.

Wenn man die Augenlieder zum Theil ſchließt, ſo kann man dadurch ſoviel Licht abhalten, als man will, und ſolchergeſtalt die Augen gegen ein zu ſtarkes Licht ſichern, welches nach jedermanns Erfahrung die Augen eben ſo ſehr beleidigt, als die gröbſte Materie. Zahlreich ſind die traurigen Beiſpiele, womit die Geſchichte dieſe Wahrheit beſtätiget: Xenophon erzählt, daß viele ſeiner Truppen durch die zu ſtarke Reflexion des Lichts von dem Schnee, worüber ſie hätten marſchiren müſſen, erblindeten. Dionyſius, der Tyrann von Sicilien, ließ unter andern Mit-teln ſeiner Rache und ſeinem grauſamen Charakter ein Gnü-ge zu thun, ſeine unglücklichen Gefangenen aus den tiefſten und dunkelſten Kerkern in weiße und hell erleuchtete Zim-mer führen, um ſie durch dieſen plötzlichen Uebergang von einem Extrem ins andre blind zu machen. Von ähnlichen grauſamen Beweggründen getrieben, ſchnitten die Kartha-ginenſer dem Regulus die Augenlieder ab, und brachten ihn in hellen Sonnenſchein, wodurch er bald erblindete.

Man ſieht hieraus deutlich, daß ein vorragendes Auge zum Sehen minder geſchickt iſt, als ein Auge, wel-ches tief im Kopfe liegt: indeſſen kann auch hier ein Ex-trem Statt finden, ohnerachtet es ohnſtreitig gewiß iſt, daß das tiefer liegende Auge den Vorzug beſitzt, da es das deutlichſte Sehen verurſacht, und weniger den äußern Zu-fällen unterworfen iſt.

Diejenigen Thiere, welche harte hornartige Augen haben, wie der Hummer, die Krabbe u. ſ. f. haben keine Augenlieder, dahingegen die meiſten andern Thiere noch

ein beigängiges haben, welches die **blinzende** oder **Nickhaut** genannt wird, und die ſie über ihre Augen wie eine Decke ziehen, um abzuwiſchen, was ſie etwa beläſtigen dürfte.

Die Geſchwindigkeit, mit welcher ſich die Augenlieder auf- und abbewegen, iſt ſo groß, daß dadurch das Sehen keineswegs gehindert wird. Dieſer ſonderbare Umſtand kann durch die wohlbekannte Erſcheinung einer brennenden Kohle erklärt werden, die wie ein Feuerring erſcheint, wenn ſie mit Geſchwindigkeit in dem Umkreiſe eines Zirkels herumgedrehet wird. Nun iſt es ſehr wahrſcheinlich, daß die Empfindung der Kohle an den verſchiedenen Stellen des Kreiſes in der Seele verweilt, bis ſie wieder an den nämlichen Ort gelangt. Wenn daher unſre Augenlieder keine längere Zeit brauchen, um über das Auge vor- und zurückzugehen, als die angezündete Kohle nöthig hat, um herumgeſchwungen zu werden, wird der Eindruck, welcher vermöge eines Gegenſtands auf das Auge erfolgt, keine merkliche Unterbrechung vermöge dieſer Bewegung erleiden.

Um zu verhindern, daß die Augenlieder nicht zuſammenhängen, ſind ſie mit einer Reihe von Drüſen verſehen, welche eine milde Feuchtigkeit ergießen, die ſich mit den Thränen vermiſcht, und mit dieſen abgewaſchen wird.

Die **Thränendrüſe** liegt in dem obern und äuſſern Theile der Augenhöhle. Sie dient beſonders, zu allen Zeiten Waſſer in hinreichender Menge herzugeben, um die äußere Oberfläche des Auges feuchte zu erhalten, und ſolchergeſtalt der Hornhaut einen größern Grad von Durchſichtigkeit zu geſtatten. Damit nun aber dieſe Feuchtigkeit gehörig abgeſetzt werde, ſchließen wir häufig die Augenlieder, ohne deſſen ſelbſt bewuſt zu ſeyn.

In dem innern Winkel des Auges zwiſchen den Augenliedern, befindet ſich eine Karunkel, welche beſtimmt

zu ſeyn ſcheint, dieſen Winkel des Auges immer etwas offen zu erhalten, damit die Thränen u. ſ. f. unter den Augenliedern während dem wir ſchlafen, in die Thränenpunkte abfließen können, welches kleine Oefnungen ſind, deren in jedem Augenliede nahe am Winkel eins iſt, um die überflüſſigen Thränen durch die Naſe abzuführen.

Das Auge iſt mit ſechs Muskeln verſehen, welche ihre Sehnen weit über das Auge erſtrecken; vermöge derſelben wird es auf- und abwärts, zu jeder Seite, und unter jeder zwiſchenliegenden Richtung bewegt, um ſolchergeſtalt die zerſtreut herum liegenden Gegenſtände zu ſehen, ohne nöthig zu haben, den Kopf zu bewegen. Um dieſe Bewegungen zu erleichtern, liegt eine große Menge von lockerm Fett rings um die Kugel des Auges zwiſchen demſelben und der Augenhöhle. Vier dieſer Muskeln ſind gerade und zwei ſchief; von den zwei geraden Muskeln liegen zwei vertikal einander gegenüber, und die andern zwei horizontal. Jeder dieſer ſechs Muskeln hat ſeinen eigenen Namen, je nach ſeiner Lage und ſeiner Verrichtung. Ich kann dieſe Muskeln nicht übergehen, ohne eines auffallenden Umſtands in Rückſicht der Abſicht bei der weiſen Einrichtung der Theile zu erwähnen. Es iſt zuweilen erforderlich eine ſchiefe Bewegung des Auges gegen die Naſe zu machen; da nun auf dieſer Seite für Muskeln kein Raum iſt, ſo liegt ein kleines Bein an der Seite der Naſe mit einer darin befindlichen Oefnung, welches als eine Rolle dient, wodurch die Sehne eines Muskels bis zu ihrem angemeſſenen Befeſtigungsort geht, und auf dieſe Art das Auge eine ſolche ſchiefe Bewegung erhält, als außerdem unmöglich geweſen ſeyn würde.

Die Augen liegen an dem am meiſten vorragenden Theile des Körpers, nahe bei dem Gehirne, dem Sitze der Empfindung. Vermöge ihrer erhabenen Lage wird unſre Ausſicht vergrößert, und die Menge der Gegenſtände,

die man auf einmal überſieht, vermehrt; ſo überſehen wir einen beträchtlichen Horizont auf der Erde, und eine außerordentlich ſchöne Hemiſphäre des Himmels.

Jeder Theil der menſchlichen Geſtalt giebt unbezweifelte Proben der Weisheit und des Wohlwollens ihres Schöpfers, weil alles ſo beſonders eingerichtet iſt, um auf die beſte Art der Abſicht zu entſprechen, wozu es erſchaffen worden iſt. So iſt die kugelähnliche Figur des Auges die bequemſte, die ſich denken läßt, und am beſten geſchickt, die verſchiedenen Bewegungen des Auges zu erleichtern, die Feuchtigkeiten zu faſſen, und die Bilder von außen aufzunehmen.

Die Vortheile ſind vielerlei, die wir davon ziehen, daß wir zwei Augen haben, deren einige offenbar ſind, andere hingegen ſind uns weniger bekannt; auf die Uebereinſtimmung doppelter Theile in der menſchlichen Geſtalt, und ihr Verhältniß zu den zwei großen Vermögen der menſchlichen Seele iſt von den Anatomiſten nicht genug Rückſicht genommen worden. Dadurch daß wir zwei Augen haben, wird das Sehen vermehrt und vervollkommt; denn da jedes Auge auf denſelben Gegenſtand ſieht, ſo erfolgt deswegen ein ſtärkerer Eindruck, und die Seele erhält folglich einen ungleich lebhaftern Begrif.

Beide Augen zuſammen betrachten einen Gegenſtand unter einer ganz verſchiedenen Lage, als es der Fall bei einem Auge allein wäre, ſo daß wir daher in Stand geſetzt werden, kleine Entfernungen genau zu empfinden. Wir ſehen hieraus, wie diejenigen, welche ein Auge verloren haben, leicht Irrthümer in den Entfernungen der Gegenſtände, ſelbſt bei einem Abſtande von der Länge eines Arms begehen können, welche hingegen von denjenigen leicht vermieden werden können, welche mit beiden Augen ſehen. Solche Fehler ſieht man vornämlich beim Putzen eines Lichts, beim Einfädeln einer Nadel, oder beim Ausgießen oder Eingießen einer Theetaſſe. Indeſſen vermindern

ſich dieſe Fehler in Rückſicht des Abſtands und der Lage allmählich durch Zeit und Uebung.

Wenn ein Gegenſtand unter einer mäßigen Entfernung liegt, ſo ſehen wir vermittelſt zweier Augen mehr davon, als es möglicherweiſe mit einem Auge der Fall wäre; das rechte Auge ſieht auf der rechten Seite immer mehr, ſo wie das linke Auge auf der linken Seite mehr ſieht. Wir ſehen daher auf dieſe Art vermittelſt beider Augen gewiſſermaßen um einen Gegenſtand herum, wodurch eben dasjenige kühne Erhabene bewirkt wird, das wir in der Natur ſehen, und was keine Malerei, ſo ausgeſucht ſie auch immer ſeyn dürfte, erreichen kann. Der Maler muß ſich begnügen, eine ebene Oberfläche zu ſchattiren; allein die Augen, wenn ſie Naturgegenſtände betrachten, empfinden nicht blos den Schatten, ſondern auch einen Theil der Figur, welcher dahinter liegt. Der Begrif, den wir in Rückſicht der Entfernung durch Ein Auge erlangen, wie oben bemerkt worden iſt, iſt ungleich unſicherer und trüglicher, als den wir vermittelſt beider Augen erlangen; wenn daher die Schattirung und das Erhabene auf die beſte Art ausgeführt iſt, ſo kann das Gemälde faſt das Anſehen erhalten, wie die Gegenſtände mit einem Auge geſehen werden, keineswegs aber dasjenige, wie wir ſie mit beiden Augen ſehen. Indeſſen iſt dieß keineswegs ein Fehler des Künſtlers, ſondern blos Unvollkommenheit der Kunſt. Um dieſen Mängeln zu begegnen, ſehen Kenner der Malerei auf ein Gemälde nur mit einem Auge durch ein Rohr, wodurch alle übrige Gegenſtände ausgeſchloſſen werden. Wenn die Oeffnung in dem Rohre zunächſt dem Auge klein iſt, ſo beſitzen wir kein Mittel in Rückſicht der Entfernung zu ſchätzen als das Licht und die Farben, welche ganz in des Malers Gewalt ſind *).

*) Reid's Inquiry into the human mind.

Ein Gegenſtand, der mit beiden Augen geſehen wird, erſcheint um etwas heller oder glänzender, als es mit einem Auge allein der Fall iſt, wie man findet, wenn man wechſelsweiſe mit beiden Augen, und mit einem allein ſieht: Dieſer Unterſchied an Helligkeit wird noch deutlicher, wenn zu gleicher Zeit, als ein Theil eines flachen Gegenſtands von einer gleichförmigen Farbe mit beiden Augen geſehen wird, das Licht von dem nahe gelegenen Theile einem derſelben entzogen wird, welches geſchehen kann, wenn man ein Buch an die eine Seite des Kopfs hält, ſo daß es etwas vor das Geſicht vorragt. Allein obſchon der Unterſchied an Helligkeit in beiden Fällen ſehr merklich iſt, ſo iſt er doch nicht ſehr beträchtlich, und daher auch ſchwer zu beſtimmen. Dr. Jurin ſchloß zufolge einer Menge von Verſuchen, daß ein Gegenſtand, welcher mit beiden Augen betrachtet wird, blos um den dreizehnten Theil heller erſcheint, als wenn er durch ein Auge allein geſehen wird.

Unſre Augen haben eine gleichförmige und parallele Bewegung, wodurch denn, wenn das eine rechter oder linker Hand, ober- oder unterhalb, oder gerade vor ſich hin gewendet wird, das andre jederzeit die nämliche Richtung nimmt. Wenn beide Augen offen ſind, ſo finden wir ſie jederzeit in einerlei Richtung, als ob auf beide einerlei bewegende Kräfte wirkten. Dieſe Erſcheinung iſt um deſto ſonderbarer, da die Muskeln, welche die beiden Augen bewegen, und die Nerven, welche zu dieſen Muskeln gehen, für ſich ganz abgeſondert, und ohne Zuſammenhang mit einander ſind.

Um die Urſache dieſer Bewegung zu erklären, iſt der Phyſiker ſowohl als der Anatomiker in manche Verlegenheit geſetzt worden. Daß der Urſprung in dem großen bewegenden Grundſatze, oder der generirenden Urſache innerhalb uns, in der Seele, liege, kann nicht bezweifelt werden;

allein wie die Seele wirke, um dieſe Wirkung hervorzubringen, wiſſen wir nicht. Verſchiedene wirkſame Abſichten werden indeſſen ohnſtreitig durch dieſe Bewegung erzeugt, denn nichts iſt vergeblich erſchaffen. Eine dieſer Abſichten, glaubt man, ſei das einfache Sehen der Gegenſtände, die mit beiden Augen geſehen werden, da zwei Bilder von jedem Gegenſtande, eines in jedem Auge, entſtehen. Wenn daher irgend ein Muskel eines Auges, entweder aus einem Spasmus oder Lähmung, oder von irgend einer andern Urſache gehindert wird, der Bewegung des andern zu folgen, ſo ſieht man jeden Gegenſtand doppelt. Das nämliche erfolgt, wenn, während dem wir auf irgend einen Gegenſtand ſehen, wir die Richtung des einen Auges verändern, und es vermittelſt des Fingers ſeitwärts drükken; ein Verſuch, der nicht ſelten von Kindern angeſtellt wird, die allgemein an dieſer ungewöhnlichen Erſcheinung ein Vergnügen finden.

Was indeſſen aber auch die Urſache ſeyn kann, ſo iſt doch ſoviel gewiß, daß weder der Gegenſtand noch das Organ vervielfacht wird, ſondern immer nur einfach erſcheint, ob er ſchon mit beiden Augen geſehen wird: ein andres Beiſpiel von der großen Kunſt des Schöpfers dieſes edlen Organs, die er bei der Bildung deſſelben angewendet hat.

Nachdem ich nunmehr die vornehmſten äußern Theile des Auges betrachtet, und gezeigt habe, daß ſie ſo eingerichtet worden, um dieſes feine Organ zu ſchützen, wobei eine Sorgfalt angewendet worden, die ſeiner zarten Textur, und dem großen und ausgebreiteten Nutzen verhältnißmäßig angemeſſen, indem es mit feſten Knochen umgeben iſt, in einer tiefen Höhle liegt, und mit einer beweglichen Decke verſehen iſt; ſo wollen wir nunmehr fortfahren, die innern Theile, oder diejenigen, welche eigentlich die Kugel des Auges machen, näher zu betrachten.

Von der Augenkugel.

Wenn die Einrichtung des Univerſum nicht ſchon an ſich ein ſo offenbarer Beweis von dem Daſeyn eines höchſten, weiſen und gütigen Schöpfers wäre, und ſolchemnach einzelne Beweiſe ſchlechterdings unnöthig werden, ſo könnte der Bau des Auges gewiß nicht als einer der geringſten Beweiſe angeführt werden; dieſes unter unzähligen andern beweiſt, daß die beſte Ausführung der Kunſt unendlich weit unter derjenigen iſt, die immerfort von der göttlichen Mechanik erzeugt werden.

Die Kugel des Auges, oder das Organ des Geſichts beſteht überhaupt aus verſchiedenen Häuten, welche drei durchſichtige Feuchtigkeiten enthalten, die von einer ſolchen Beſchaffenheit ſind, daß die Strahlen, welche von leuchtenden Körpern ausfahren, und durch eine Oefnung in dem vordern Theile des Auges dringen, in einen Fokus am hintern Theile deſſelben geſammelt werden, wo ſie auf eine weiche markige Subſtanz fallen, von welcher denn die Seele den Begrif ſichtbarer Gegenſtände erhält.

Es ſteht nicht zu erwarten, daß irgend eine Erklärung, die man von dem Auge giebt, ganz genau ſeyn kann, da weder alle Theile des Auges, während dem es noch im natürlichen und lebendigen Zuſtande ſich befindet, unterſucht, noch ſo wie es aus ſeinem Lager genommen worden, ihre Geſtalt unbeſchädigt erhalten werden können, daher denn auch keine völlige Uebereinkunft unter den Anatomiſten Statt hat.

Von den Häuten des Auges.

Das Auge beſteht äußerlich aus drei Häuten oder Decken, deren eine auf der andern liegt, und einen voll-

kommen kugelähnlichen Ball machen, ausgenommen an dem vordern Theile, welcher gegen den übrigen etwas mehr vorragend iſt. Innerhalb dieſer Kugel befinden ſich dreierlei Subſtanzen, welche unter dem Namen Feuchtigkeiten bekannt ſind.

Die erſte oder die äußere Haut heißt die harte Augenhaut (ſclerotica), die zweite oder mittlere, die Aderhaut (choroides), und die innere die Netzhaut (retina).

Die harte Augenhaut, Hornhaut. Die äußere Membran, welche das ganze Auge einſchließt und bedeckt, heißt die harte Augenhaut und Hornhaut: indeſſen iſt ſie eigentlich genommen nur eine und dieſelbe Membran, nur unter verſchiedenen Benennungen je nach den verſchiedenen Theilen; der hintere und undurchſichtige Theil heißt beſonders insgemein die harte Haut, der vordere und durchſichtige Theil aber die Hornhaut.

Dieſe Haut iſt hart, elaſtiſch und von weißer Farbe, und gleicht gewiſſermaßen einer Art Pergament. Der hintere Theil iſt ſehr dick und undurchſichtig, allein ſie wird nach und nach ſchwächer, ſo wie ſie ſich vorwärts wendet, wo das Weiße des Auges ſich endigt. Der vordere Theil iſt ſchwächer und durchſichtig, auch ragt er etwas mehr hervor, und iſt konvexer als das übrige Auge, ſo daß er einem Segmente von einer kleinen Kugel ähnlich iſt, das auf eine größere angebracht worden, daher dieſer Theil wegen ſeiner Durchſichtigkeit die Hornhaut genennt wird. Dieſe Hornhaut iſt dick, ſtark und unempfindlich; ihre Durchſichtigkeit iſt erforderlich, um das Licht frei durchzulaſſen. Dieſe Membran beſteht aus verſchiedenen Blättchen, die auf einander liegen, und mit einem hellen Waſſer und durchſichtigen Gefäßen angefüllt ſind; dieſe Blättchen ſind am vordern Theile noch deutlicher zu unter-

ſcheiden als am hintern Theile. Die harte Augenhaut iſt äußerlich von ſechs Muskeln umgeben, wodurch das Auge nach jeder Richtung bewegt werden kann.

Die Aderhaut, Traubenhaut, Regenbogenhaut (Choroides. Uuea. Iris). Unter der harten Augenhaut liegt eine Membran, die unter dem Namen der Aderhaut bekannt iſt; ſie iſt eine weiche und feine Haut, die aus unzählbaren Gefäßen beſteht; mit der harten Haut liegt ſie konzentriſch, und hängt damit vermittelſt eines Zellgewebes und vielen Gefäßen zuſammen. Dieſe Membran iſt auswärts von brauner Farbe, inwärts aber noch dunkler und beinahe ganz ſchwarz. Gleich der harten Haut wird ſie durch zweierlei Namen unterſchieden, indem der vordere Theil die Traubenhaut, der hintere Theil aber Aderhaut genannt wird.

Der vordere Theil fängt an dem Orte an, wo die Hornhaut anfängt; hier hängt ſie ſich feſter noch an die harte Haut vermöge eines Zellgewebes, welches eine Art von einer weißen engen kreisförmigen Rinne bildet: die Aderhaut trennt ſich an dieſem Orte von der harten Haut, verändert ihre Richtung, und wendet ſich oder faltet ſich vielmehr in gerader Richtung einwärts gegen die Axe des Auges, wo ſie das Auge gleichſam quer durchſchneidet: in der Mitte dieſes Theils iſt eine runde Oefnung, welche die Pupille genannt wird: die Pupille iſt nicht genau in der Mitte der Regenbogenhaut, d. i. die Mittelpunkte der Pupille und der Regenbogenhaut treffen nicht zuſammen, ſondern erſtere iſt der Naſe etwas näher als letztere.

Wenn dieſer Theil ſeine Richtung geändert hat, ſo heißt er nicht mehr die Aderhaut, ſondern die vordere Oberfläche, welche bei verſchiedenen Perſonen von verſchiedenen Farben iſt, heißt die Regenbogenhaut, die hintere Oberfläche aber die Traubenhaut, wegen der

ſchwarzen Farbe, womit ſie überzogen iſt. Die Regenbogenhaut hat ein weiches ſammtähnliches Anſehen, und ſcheint aus kleinen Filamenten zu beſtehen, die regelmäßig geordnet ſind, und gegen den Mittelpunkt der Pupille zu gehen.

Ein Auge heißt blau, ſchwarz u. ſ. f. je nach der Farbe der Regenbogenhaut. Die gewöhnlichſten Farben ſind die lichtbraune und die blaue, auch findet man ſehr oft beide Farben in einem Auge zugleich. Man hat beobachtet, daß insgemein diejenigen, deren Haare und Farbe oder äußeres Anſehen licht gefärbt ſind, eine blaue oder graue Regenbogenhaut haben, und daß hingegen diejenigen, deren Haar und äußeres Anſehen dunkel ſind, eine tiefbraune Regenbog‑haut haben: ob aber dieſes irgend einen Unterſchied in der Empfindung des Sehens verurſacht, läßt ſich nicht beſtimmen. Diejenigen Augen, welche ſchwarz genennt werden, ſind, wenn man ſie genau betrachtet, blos von einer tiefen und dunkelbraunen Farbe, und ſcheinen ſchwarz, weil ſie gegen das Weiße des Auges ſo ſtark abſtechen. Das ſchwarze und blaue Auge ſind die ſchönſten Farben, und geben dem Auge das meiſte Feuer und Lebhaftigkeit des Ausdrucks. In ſchwarzen Augen iſt mehr Stärke und Heftigkeit, dahingegen das blaue Auge eine gewiſſe Sanftheit und Zartheit ausdrückt.

Die Pupille des Auges hat keine beſtimmte Größe, ſondern ſie wird größer und kleiner, je nachdem mehr oder weniger Licht auf das Auge fällt. Wenn das Licht ſtark, oder der ſichtbare Gegenſtand zu helle iſt, ſo ziehen wir die Pupille zuſammen, um einen Theil des Lichts abzuhalten, welcher außerdem unſerm Auge ſchaden, oder es blenden würde; allein wenn das Licht ſchwach iſt, ſo vergrößern wir die Pupille, damit eine größere Menge ins Auge trete, und auf dieſe Art einen ſtärkern Eindruck darauf machen könne. Dieſe Oefnung erweitert ſich auch,

wenn wir nach entfernten Gegenſtänden ſehen, und vermindert ſich, ſo wie die Gegenſtände näher ſind. Die Zuſammenziehung der Pupille iſt ein gewiſſermaßen leidender Zuſtand, und erfolgt nach der Aeußerung des Willens; die Erweiterung derſelben hingegen iſt Nachlaſſung der Kraft, oder vielmehr eine Unterbrechung des Willens. Nach anatomiſchen Bemerkungen iſt bei Raubthieren und ſolchen Vögeln die Pupille rund, wie bei den Menſchen, ſo daß ſie eben dadurch im Stande ſind, überall hin zu ſehen, dahingegen bei großen Thieren, welche ſich vom Graſe nähren, die Pupille länglich horizontal iſt, um einen großen kreisförmigen Raum des Bodens zu faſſen, ſo wie bei ſolchen Thieren aus dem Katzengeſchlechte, welche auf Bäume klettern, und nöthig haben, auf- und abwärts zu ſehen, die Pupille länglich vertikal iſt. Die Größe der Ausdehnung und Zuſammenziehung der Pupille iſt immer ſehr beträchtlich, ſo wie es nicht weniger bewundernswürdig iſt, daß während dem die Pupille ihre Größe verändert, doch immer ihre Figur beibehalten wird.

Die Anatomiſten ſtimmen nicht mit einander überein, ob die Regenbogenhaut aus zweierlei Arten von Fibern, kreisförmigen und länglichen, beſtehe, oder nur aus einer derſelben. Haller ſagt, daß er die kreisförmigen Fibern ſelbſt vermittelſt eines Mikroſkops nicht habe finden können; die länglichen Fibern ſind ſchon mit bloßem Auge zu ſehen, und ſind auch in der That hinreichend, allen Abſichten in Rückſicht der Bewegung der Regenbogenhaut zu entſprechen: wenn die Pupille zuſammengezogen wird, ſo werden die länglichen Fibern gerade; erweitert ſie ſich aber, ſo machen ſie ſchlangenförmige Falten.

Bei Kindern wird dieſe Oefnung mehr erweitert, als bei erwachſenen Perſonen. Bei alten Leuten iſt ſie noch ſchmäler als bei Erwachſenen, und beſitzt nur noch eine ſehr geringe Bewegung; daher geſchieht es denn, daß die-

jenigen, welche anfangen, Brillen zu brauchen, genöthigt ſind, das Licht zwiſchen das Auge und Papier zu halten, wenn ſie leſen, damit der ſtarke Schein des Lichts ihre ſtarren Pupillen zu einem ſolchen Zuſtand der Kontraktion nöthige, um im Stande zu ſeyn, deutlich zu ſehen. Diejenigen, welche kurzſichtig ſind, haben überhaupt ſehr große Pupillen, dahingegen ſie bei denjenigen, deren Augen noch gut oder weitſichtig ſind, kleiner ſind.

Die ganze Aderhaut iſt unburchſichtig, auf welche Art denn kein Licht in das Auge treten kann, als was durch die Pupille geht. Um dieſe Undurchſichtigkeit noch zu vermehren, und die Kammer des Auges dunkler zu machen, iſt die hintere Oberfläche dieſer Membran ganz mit einem ſchwarzen Schleime bedeckt, welcher das ſchwarze Pigment heißt. Dieſes Pigment iſt auf der konkaven Seite der Aderhaut nahe bei der Netzhaut, und an der vordern Seite der Regenbogenhaut am dünnſten, am ſtärkſten hingegen iſt es an der äußern Seite der Aderhaut, und an der innern Seite der Traubenhaut.

Der kreisförmige Rand der Aderhaut, an demjenigen Orte, wo ſie ſich einwärts faltet, um die Traubenhaut zu bilden, ſcheint gegen die übrige Membran von einer verſchiedenen Subſtanz zu ſeyn, die viel härter, dichter und von einer weißen Farbe iſt. Er wird von einigen Schriftſtellern der Ciliarkreis genannt, weil das Ciliarband (wovon wir bald mehr ſagen werden) davon entſpringt.

Die Netzhaut. Die dritte und letzte Membran des Auges heißt die Netzhaut, weil ſie gleich einem Netze ausgebreitet iſt, und über den Boden des Auges liegt; andre leiten ihreu Namen von der Aehnlichkeit mit dem Netze her, deſſen ſich die Fechter, die unter dem Namen Retiarii bekannt ſind, gegen ihre Widerſacher bedienten. Sie iſt unter allen drei Häuten die ſchwächſte und dünnſte, und

beſteht aus einer feinen Ausdehnung des markigen Theils des Geſichtsnerven. Die konvexe Seite derſelben bekleidet die Aderhaut, die konkave Seite hingegen deckt die Oberfläche der gläſernen Feuchtigkeit, und endigt ſich, wo die Aderhaut ſich einwärts faltet. Sie iſt ein weſentliches Organ des Geſichts; auf ihr werden die Bilder der Gegenſtände abgemahlt und ihre Bilder erzeugt. Dieſe Membran ſcheint bei Kindern ſchwarz zu ſeyn, weniger in einem Alter von 20 Jahren, von graulicher Farbe um das 30ſte Jahr, und im hohen Alter beinahe ganz weiß. Indeſſen iſt die Netzhaut jederzeit durchſichtig und ohne Farben: irgend ſcheinbare Veränderungen ihrer Farbe müſſen daher von Veränderungen des Pigments herrühren, welches dadurch geſehen wird.

Geſichsnerve. Hinter allen dieſen Häuten liegt der Geſichtsnerve, welcher aus der Hirnſchale durch eine kleine Oefnung in dem Boden der Augenhöhle geht, in welcher das Auge liegt. Er tritt etwas gebogen in die Augenhöhle, der Figur nach etwas rund, allein gedrückt, und verbindet ſich mit dem Augapfel nicht in der Mitte, ſondern etwas höher und der Naſe näher. Durch den Geſichtsnerven geht eine Arterie gerade durch die gläſerne Feuchtigkeit, und verbreitet ſich auf der Membrane, welche die hintere Seite der kryſtalliniſchen Feuchtigkeit bedeckt.

Herr Mariotte hat bewieſen, daß unſre Augen an dem Orte unempfindlich ſind, wo der Geſichtsnerve eintritt: wenn daher dieſer Nerve in die Axe des Auges ſelbſt fiele, ſo würde alsdann der mittlere Theil eines jeden Gegenſtands unſichtbar ſeyn, indeß eben dies der Ort iſt, wo wir am beſten ſehen, ſo daß hieraus die größte Weisheit des göttlichen Künſtlers zu dieſer und zu andern wohlthätigen Abſichten ſich ergiebt, daß er nicht in der Mitte, wie wir bereits angemerkt haben, ſondern etwas höher und der Naſe näher gelegt worden.

Von den Feuchtigkeiten des Auges.

Die Häute des Auges, welche einander bedecken und ſich mit einander verbinden, ſo wie eine Zwiebel oder andre zwiebelartige Wurzeln damit umgeben ſind, enthalten gewiſſe Feuchtigkeiten, wodurch wir dreierlei Subſtanzen verſtehen, einen feſten, einen weichen Körper und eine wirkliche Feuchtigkeit. Dieſe Subſtanzen ſind von einer ſolchen Geſtalt und Durſichtigkeit, daß nicht blos die Lichtſtrahlen gehörig durchfallen, ſondern daß ſie dadurch auch die zur Abſicht des Sehens beſte und vortheilhafteſte Richtung erhalten. Sie ſind helle und rein wie Waſſer, und verurſachen in Rückſicht des Gegenſtands nicht die geringſte beigeſellende Farbe.

Die wäßrige Feuchtigkeit. Die flüſſigſte von allen drei Feuchtigkeiten heißt die wäßrige, welche den großen Raum zwiſchen der Hornhaut und der Pupille, desgleichen einen kleinen Raum einnimmt, welcher ſich von der Traubenhaut bis zur Kryſtallinſe erſtreckt; ſie iſt dünne und rein wie Waſſer, obſchon etwas geiſtiger und ſchleimiger Art; ihre Menge iſt beträchtlich, ſo daß ſie den vordern Theil des Auges anſchwillt, und zu mehr vortheilhafterm Sehen eine Vorragung macht. Die Traubenhaut ſchwimmt in dieſer Flüſſigkeit. Sie bedeckt den vordern Theil der Kriſtallinſe. Derjenige Theil dieſer Feuchtigkeit, welcher vor der Traubenhaut liegt, hat mit derjenigen hinter derſelben vermittelſt einer Oefnung Gemeinſchaft, welche die Pupille des Auges macht. Sie iſt mit einer Membran umgeben, die ſo zart iſt, daß ſie nicht ſichtbar dargeſtellt, noch ohne die ſtärkſte laugenartige Flüſſigkeit erhalten werden kann.

Man weiß nicht zuverläſſig, woher dieſe Feuchtigkeit ihren Urſprung hat, der indeſſen aber doch immer ſehr ſtark ſeyn muß; denn wenn das Häutchen, welches ſie enthält, verwundet wird, ſo fließt alle Feuchtigkeit aus,

und wird das Auge eine gewiſſe Zeit über gehörig bedeckt, ſo heilt die Wunde wieder, ſo wie ſich denn auch die Feuchtigkeit wieder ſammelt.

Die Farbe und Konſiſtenz dieſer Feuchtigkeit ändert ſich mit den Jahren; ſie wird dicker, wolkig und weniger durchſichtig, ſo wie wir älter werden, welches denn auch eine Urſache iſt, warum viele alternde Perſonen nicht alle die Vortheile von Brillen erhalten, die ſie außerdem davon haben könnten.

Die Kriſtallinſe. Die zweite Feuchtigkeit des Auges iſt die kriſtalliniſche, welche ſo durchſichtig wie der reinſte Kriſtall iſt; und ob ſie ſchon an Menge geringer iſt, als die wäßrige Feuchtigkeit, ſo iſt ſie doch von gleicher Schwere, da ſie von dichterer und feſterer Natur iſt; ihrer Konſiſtenz nach iſt ſie einer harten Gallerte gleich, nur in der Mitte etwas weicher als am Rande. Ihre Form iſt diejenige einer doppelt konvexen Linſe, von ungleichen Konvexitäten, wovon der am meiſten konvexe Theil in einer gleichen Konkavität der gläſernen Feuchtigkeit liegt.

Die Kriſtallinſe liegt in einer Kapſel, deren vorderer Theil ſehr ſtark und elaſtiſch, der hintere Theil hingegen dünner und weicher iſt. Dieſe Kapſel wird an ihrem Orte vermittelſt eines Muskels gehalten, welcher das Ciliarband genannt wird, und welches nebſt der Kriſtallinſe den Augapfel in zwei ungleiche Theile theilt; der erſtere und ſchmälere enthält die wäßrige Feuchtigkeit, der hintere und größere Theil hingegen die gläſerne Feuchtigkeit. Die Kriſtallinſe hat ſichtbar keine Verbindung mit ihrer Kapſel, denn ſobald als dieſe geöfnet wird, ſpringt ſie ſogleich rein heraus.

Die Kriſtallinſe liegt ſo, daß ihre Axe mit derjenigen der Pupille übereintrifft, und iſt folglich nicht genau in

einer vertikalen Ebene, die das Auge in zwei gleiche Theile theilt, ſondern etwas näher gegen die Naſe. Sie beſteht aus konzentriſchen Blättchen oder Schalen, die auf einander liegen, welche Schalen aus gut gebildeten Fibern beſtehen, und auf eine ſonderbare Art aufgewunden ſind; ihr Zuſammenhang geſchieht vermittelſt Cellularfibern, die ſolchemnach ein zartes Zellgewebe machen. Zwiſchen dieſen Schalen befindet ſich eine helle Flüſſigkeit, welche aber in einem hohen Alter von etwas gelber Farbe wird. Die innerſten Schalen liegen dicht auf einander, und machen endlich eine Art von Kern, der härter als der übrige Theil der Linſe iſt. Einige behaupten, daß eine geringe Menge Waſſer ſich um dieſelbe befinde. Loewenhoek hat berechnet, daß eine Kriſtallinſe beinahe aus 2000 Blättern oder Schalen beſtehe, und daß jede derſelben von einer einzigen Fiber oder feinem Faden entſtehe, die nach allen Seiten unter verſchiedenen Richtungen fortlaufen, und in ſo vielen Mittelpunkten auf einander ſtoßen, ohne einander aufzuhalten, oder ſich zu durchkreuzen.

Die gelbe Farbe, womit die Kriſtallinſe mehr oder weniger mit mehrern Jahren gefärbt wird, macht nothwendig, daß alle Gegenſtände mit dieſer Farbe mehr oder weniger gefärbt erſcheinen. Daß wir aber keine Veränderung in der Farbe der Gegenſtände bemerken, iſt für uns kein Beweis, daß ihre Farbe einerlei bleibt, denn ſollten wir dieſe Veränderung bemerken, ſo müßte dieſe Farbenveränderung nicht nur ſehr beträchtlich ſeyn, ſondern ſie müßte auch ſehr ſchnell geſchehen, wie wir in der Folge näher erklären werden. Beim Staare iſt ſie undurchſichtig; der Sitz dieſer Krankheit liegt in der Kriſtallinſe.

Gläſerne Feuchtigkeit. Die gläſerne Feuchtigkeit iſt die dritte; ſie hat ihren Namen von ihrem Anſehen, welches wie geſchmolzenes Glas iſt. Sie iſt weder ſo hart, wie die kriſtalliniſche Feuchtigkeit, noch ſo flüſſig,

wie die wäßrige; ſie erfüllt den größten Theil des Auges, und erſtreckt ſich von dem Anfange des Geſichtsnerven bis zur kriſtalliniſchen Feuchtigkeit. Auf ihr liegt die Netzhaut, die ſie in gehöriger Entfernung erhält, um deutliche Bilder von den Gegenſtänden zu erhalten und darauf zu machen.

Die gläſerne Feuchtigkeit iſt in einer ſehr dünnen und durchſichtigen Membran enthalten, die vorwärts konkav zur Aufnahme der Kriſtallinſe iſt; an dieſem Orte theilt ſich ihre Membran, einmal um die Kavität zu decken, worin die Kriſtallinſe liegt, und ſodann geht ſie oberhalb, und deckt den vordern Theil der Kriſtallinſe, ſo daß ſie auf dieſe Art für die Kriſtallinſe eine Art von Scheide macht. Der Bau der gläſernen Feuchtigkeit iſt zellulös, indem die Subſtanz derſelben durch eine ſehr feine durchſichtige Membran in Zellen, oder kleine membranöſe Abtheilungen getheilt wird, die eine ſehr durchſichtige Flüſſigkeit enthalten.

Das Strahlenband. Noch iſt ein Theil übrig, welcher einer nähern Erwähnung verdient, und der, ob er ſchon ſehr fein und klein iſt, doch von ſehr großer Wichtigkeit iſt; er heißt das Strahlenband, weil er aus kleinen Filamenten oder Fibern beſteht, die den Augenwimpern nicht unähnlich ſind; dieſe Fibern entſpringen von der innern Seite der Aderhaut, alle um dem kreisförmigen Rande, wo es ſich mit der Traubenhaut verbindet; von da gehen ſie auf den vordern Theil der gläſernen Feuchtigkeit an demjenigen Orte, wo es ſich theilt, um die Kriſtallinſe zu decken; dieſe Fibern ſind unter einem gewiſſen Abſtande von einander, allein die Zwiſchenräume ſind mit einem dunkelgefärbten Schleime ausgefüllt, der ihm das Anſehen einer ſchwarzen Membran giebt.

Von der Figur die das Auge vorſtellt

Taf. III. Fig. 10. ſtellt einen Durchſchnitt des Auges durch die Mitte vermöge einer horizontalen Fläche vor, die durch beide Augen geht; der Durchmeſſer der Figur iſt ohngefähr zweimal der Durchmeſſer des menſchlichen Auges.

Die äußere Haut, welche die harte Augenhaut genannt wird, iſt durch den Raum vorgeſtellt, welcher zwiſchen den beiden äußern Kreiſen BFB enthalten iſt; der mehr kugelähnliche Theil, der ſich in den Punkten BB mit der harten Haut verbindet, und durch den Raum zwiſchen den beiden Kreiſen BAB vorgeſtellt iſt, heißt die Hornhaut.

Die folgende Haut unter der harten Augenhaut, iſt eine Membran von geringerer Dichtigkeit, und iſt durch die zwei innerſten Kreiſe BFB vorgeſtellt, und heißt die Aderhaut.

Verbunden mit der Aderhaut bei BB iſt eine flache Membran, welche die Traubenhaut heißt. aa iſt die Pupille, welche eine kleine Oefnung in der Traubenhaut iſt, und etwas näher der Naſe liegt, als die eigentliche Mitte iſt.

V iſt der Geſichtsnerve; die Fibern dieſes Nerven verbreiten ſich nach ihrem Eintritte in das Auge über die Aderhaut, und bilden eine dünne Membran, welche die Netzhaut genannt wird, und in der Figur durch den ſtarken Schatten an dem Kreiſe BFB vorgeſtellt worden.

EE iſt die kriſtalliniſche Feuchtigkeit, die von einem Muskel BbbB unter dem Namen des Ciliarbandes gehalten wird. Dieſer Muskel entſpringt hinter der Traubenhaut bei BB; wo die harte und Hornhaut ſich bei bb mit einander verbinden, geht er in die Kapſel, und ver-

breitet ſich von da über einen großen Theil ihrer vordern Oberfläche.

Die wäßrige Feuchtigkeit nimmt den Raum BABbCD ein.

Der größere Raum BbDbBF enthält die gläſerne Feuchtigkeit.

Ich hoffe, daß die vorhergehende Beſchreibung hinreichend gefunden werden dürfte, um einen allgemeinen Begrif von dem Baue dieſes wunderbaren Organs zu erhalten. In Rückſicht einer mehr vollſtändigen Beſchreibung beziehe ich mich auf die Schriftſteller der Anatomie. Es iſt bereits genug geſagt worden, um zu zeigen, mit welcher Kunſt und Weisheit das Auge gebauet worden iſt, daß derjenige von dem Baue deſſelben gar keine Kenntniß haben, und wenig Einſichten beſitzen müßte, welcher im Ernſte noch zweifeln könnte, ob die Lichtſtrahlen und das Auge wohl gegen einander wechſelſeitig mit der größten Weisheit und der vollkommenſten Kenntniß in der Optik gemacht wären.

Von dem Sehen.

Die Vorſtellung der Gegenſtände auf einem Blatte Papier vermittelſt einer Linſe in der Oefnung eines Fenſterladens, iſt genau dem ähnlich, was in Rückſicht unſrer Augen geſchieht, wenn wir Gegenſtände betrachten. Denn das Sehen, in ſofern es unſre Augen betrifft, beſteht in nichts anderm, als in einer ſolchen Refraktion der Lichtſtrahlen durch die durchſichtigen Häute und Flüſſigkeiten des Auges, wodurch ein deutliches Bild des Gegenſtands auf der Netzhaut erzeugt wird. Denn der Bau des Auges zeigt deutlich, daß um deutlich zu ſehen, es erforderlich ſey, daß eine gewiſſe Menge Strahlen von jedem ſichtba-

ren Punkte eines Gegenſtands auf dem Boden des Auges vereiniget werden, und daß die Punkte der Vereinigung der Strahlen verſchiedener Lichtbüſchel ſo deutlich und abgeſondert als möglich ſeyn müſſen.

Das Auge iſt wunderbar eingerichtet, um alle dieſe Abſichten zu erfüllen: alle Strahlen, welche von irgend einem ſichtbaren Punkte eines Gegenſtands kommen, und in die Pupille eindringen können, werden genau auf der Netzhaut mit einander vereiniget, und machen hierdurch einen ungleich größern und ſtärkern Eindruck, als ein einzelner Strahl allein thun könnte; um dieſer Abſicht zu entſprechen, liegt die Netzhaut unter dem gehörigen Abſtande hinter den refrangirenden Oberflächen, ſo daß jeder Strahlenbüſchel gehörig in deutliche Brennpunkte refrangirt wird, und ſo der ganze Gegenſtand zu gleicher Zeit deutlich geſehen werden kann.

Dieſe Wirkungen kommen von der Refraktion der Lichtſtrahlen her; denn wenn dieſe Strahlen nicht refraktirt würden, ſo würden wenige derſelben auf den am geringſten empfindlichen Geſichtsnerven fallen, und die Strahlen von verſchiedenen Gegenſtänden oder von verſchiedenen Theilen der nämlichen Gegenſtände würden auf einerlei Ort zugleich fallen, und ſo eine Undeutlichkeit erzeugen, die der Blindheit gleich wäre.

Wenn das Licht ſchwach oder ſtark iſt, ſo wird die Pupille darnach erweitert oder vermindert, um mehr oder weniger Strahlen zuzulaſſen, damit die Eindrücke auf der Netzhaut den jedesmaligen Fällen gemäß geſchehen können.

Da die kriſtalliniſche Feuchtigkeit in der Mitte am ſtärkſten iſt, ſo iſt es ſehr wahrſcheinlich, daß ſie nicht gleichförmig refraktirt. Dieſer Unterſchied in der Dichtigkeit der Beſtandtheile der Kriſtallinſe iſt bewundernswürdig eingerichtet, um die Aberration von ihrer Figur ſowohl, als derjenigen der Hornhaut zu berichtigen. Die

entferntern Strahlen eines jeden Büſchels, ſo wie ſie durch ein Medium gehen, welches allmählich an Dichtigkeit von der Mitte gegen die äußern Enden abnimmt, haben ihre Brennpunkte allmählich verlängert, wodurch die Aberrationen der Figur verbeſſert werden, ſo daß ſie ſich näher mit einander vereinigen. Die konkave Figur der Netzhaut dient zum Theil zu der nämlichen Abſicht.

Es iſt keineswegs leicht, mit Genauigkeit das Maaß der Refraktion der verſchiedenen Feuchtigkeiten des Auges zu beſtimmen; zufolge derjenigen Verſuche, als etwa angeſtellt werden können, hat man gefunden, daß die refraktirenden Kräfte der wäßrigen und gläſernen Feuchtigkeit mit dem gemeinen Waſſer ſehr übereinkommen, und daß diejenige der kriſtalliniſchen Feuchtigkeit etwas größer ſey.

Da die Hornhaut und die wäßrige Feuchtigkeit angenommen worden, daß ſie einerlei refraktirende Kräfte beſitzen, ſo können alle drei als ein dichtes Medium angeſehen werden, deſſen refraktirende Oberfläche die Hornhaut iſt, ſo wie denn die kriſtalliniſche Feuchtigkeit als eine konvexe Linſe angeſehen werden kann, die unter einer gewiſſen Lage innerhalb dieſem Medium liegt. Daher machen die Feuchtigkeiten des Auges alle mit einander eine Art von zuſammengeſetzter Linſe, deren Wirkung bei Refraktirung der Strahlen, ſo wie ſie einen gegebenen Fokus des Einfalls haben, vermöge der Geſetze der Optik leicht gefunden werden kann.

Ich habe drei Modelle verfertigt, um die Wirkung der Lichtſtrahlen auf das Auge zu erklären. Dieſe Modelle ſind Taf. III. Fig. 8 und 9. und Taf. IV. Fig. 10. vorgeſtellt worden. Die Lichtſtrahlen ſind hier durch ſeidne Fäden von verſchiedenen Farben vorgeſtellt, und den den Augapfel macht hier eine gläſerne Kugel. Taf. III. Fig. 8. iſt der natürliche Zuſtand des Auges. Taf. III. Fig. 9. ſtellt Strahlen vor, die für einen Kurzſichtigen die

Netzhaut nicht treffen. Taf. IV. Fig. 10. zeigt die Wirkung der Strahlen für einen Weitſichtigen. Es ſey PQR Taf. III. Fig. 8. ein Gegenſtand, ſo werden die Lichtbüſchel BPB, BQB, BRB von den Punkten PQR, zuerſt durch die Hornhaut refraktirt, ſo daß ſie ſich in Brennpunkten hinter dem Auge ſammeln; ſodann werden ſie von der vordern Oberfläche der kriſtalliniſchen Feuchtigkeit nochmals gegen Brennpunkte refraktirt, die dem Auge näher ſind, als vorher, und endlich werden ſie bei ihrem Ausgange aus der kriſtalliniſchen in die gläſerne Feuchtigkeit wieder refraktirt, und vereinigen ſich in den Punkten pqr. Auf gleiche Art werden die Strahlenbüſchel, welche zu der Hornhaut von jedem phyſikaliſchen Punkte des Gegenſtands PQR kommen, durch die verſchiedentlich refraktirenden Oberflächen des Auges ſo zuſammengebracht, daß ſie ſich auf der Netzhaut vereinigen, und hier gleichſam ein Bild pqr des Gegenſtandes, allein in umgekehrter Lage machen, indem der obere Theil des Gegenſtands auf dem untern Theile der Netzhaut, die rechte Seite des Gegenſtands auf der linken der Netzhaut ſich befindet, und ſo in Rückſicht andrer Theile. Auf dieſe Art iſt denn die Höhle des Auges eine Art von Kamera obſkura, wo die Hornhaut und die Kriſtallinſe eine Art von zuſammengeſetzter Linſe machen, deren Oefnung durch die Breite aa der Pupille begränzt wird. Daß die Theile des Auges ſolchergeſtalt eingerichtet ſind, ein ſolches Bild zu erzeugen, kann durch Verſuche leicht gezeigt werden: denn wenn die harte Augenhaut hinterwärts einem Auge weggenommen wird, welches erſt kürzlich aus dem Kopfe eines Thiers genommen worden, und es wird dieſes Auge in eine Oefnung gelegt, die in dem Fenſterladen eines verfinſterten Zimmers gemacht worden, ſo daß der Boden des Auges gegen Sie zuſtehe, ſo werden Sie ein ſchönes, aber umgekehrtes Gemälde der äußern Gegenſtände ſehen, was mit den lebhafteſten Farben gemalt iſt.

Wenn die Feuchtigkeiten des Auges durch Alter oder durch irgend eine Urſache einſchrumpfen und einfallen, ſo wird die Hornhaut und die Kriſtallinſe flächer; da nun die Strahlen nicht gehörig gebogen werden, ſo erreichen ſie die Netzhaut, ehe ſie noch in ihren Fokus vereiniget werden, und treffen an irgend einem Orte hinter ihr zuſammen, wie Taf. IV. Fig. 10. wo ſie denn ein unvollkommnes Gemälde auf dem Boden des Auges machen, und den Gegenſtand zerſtreut und undeutlich vorſtellen. Dieſer Fehler, wovon wir in der Folge ausführlich handeln werden, kann durch Brillen mit konvexen Gläſern verbeſſert werden, welche durch Vergrößerung der Refraktion der Lichtſtrahlen machen, daß ſie mehr konvergiren, und auf dieſe Art gehörig auf dem Grunde des Auges ſich vereinigen.

Wenn hingegen die Hornhaut und die Kriſtallinſe zu konvex iſt, ſo vereinigen ſich die Strahlen, ehe ſie noch die Netzhaut erreichen wie Taf. IV. Fig. 9. wo denn folglich das Bild gleichfalls undeutlich wird. Dieſer Fehler kann ſo wie der vorige durch den Gebrauch von Gläſern, nur von entgegengeſetzter Figur verbeſſert werden, da ſie hier konkav ſtatt konvex ſeyn müſſen: eine Linſe von gehöriger Konkavität vor das Auge gehalten, wird machen, daß die Strahlen um ſo mehr divergiren, als ſie in ihrem natürlichen Zuſtande thun, und ſolchergeſtalt ſie auf der Netzhaut vereinigen.

Von dem künſtlichen Auge.

Wenn das Auge eines Thiers herausgenommen, und die Haut und das Fett ſorgfältig von dem hintern Theile deſſelben weggenommen wird, bis blos noch die dünne Membran, welche die Netzhaut genannt wird, hinterwärts

bleibt, und es wird ein Gegenſtand vor das Auge vorwärts gehalten, ſo wird das Bild des Gegenſtands wie mit einem Pinſel gemalt auf der Netzhaut erſcheinen. Es giebt tauſend Verſuche, welche alle beweiſen, daß dieſes die mechaniſche Wirkung des Sehens iſt, allein kein Verſuch macht es ſo überzeugend deutlich, wie derjenige mit dem Auge eines Thiers ſelbſt: ein Auge von einem Ochſen, welcher erſt geſchlachtet worden, zeigt dies ſehr deutlich, und macht die wenigſte Beſchwerde.

Die optiſchen Wirkungen des Sehens können ſehr unterhaltend und hinreichend vermöge eines Inſtruments erläutert werden, welches unter dem Namen des künſtlichen Auges bekannt iſt, und das ſeit kurzem von Herrn Smith beträchtliche Verbeſſerungen erhalten hat.

Dieſes künſtliche Auge iſt ſo eingerichtet, daß es nicht nur die optiſchen Wirkungen des Sehens zeigt, ſondern es verſchafft auch zu gleicher Zeit einen genauen Begriff von ſeiner Bildung. Es iſt eines der vollkommenſten und am meiſten unterrichtenden Inſtrumente in einem phyſikaliſchen Apparate.

Derjenige Theil, welcher den Augapfel vorſtellt, und die Flüſſigkeiten enthält, befindet ſich in einer Röhre, wo er nach jeder Richtung bewegt werden kann. Dieſe Röhre iſt an einem Schirme befeſtiget, um dem Auge Schatten zu geben, damit das Bild, welches an dem hintern Theil gemacht wird, um deſto deutlicher ſey: die Oefnung an der vordern Seite des Schirms hat die Geſtalt und Farbe, daß die Form des Auges ziemlich nahe dadurch erhalten wird.

Nehmen Sie das Auge in die Hand, und wenden es gegen einen hellen Gegenſtand unter einer mäßigen Entfernung, ſo werden Sie ein lebhaftes, ſchönes, deutliches, aber umgekehrtes Bild des Gegenſtands von demſelben

auf dem rauhen Theile des Glaſes ſehen, welcher die Netzhaut vorſtellt.

Man ſchraube jetzt die Bedeckung ab, welche die Kugel des Auges umgiebt, und nehme ſie heraus, um ſie zu zerlegen. Die äußerſte Decke ſtellt ſolchergeſtalt die harte Augenhaut, und der etwas mehr vorragende Theil die Hornhaut vor.

Wenn dieſes weggenommen worden iſt, ſo finden Sie eine plankonvexe Linſe, welche die erſte Kammer der wäßrigen Feuchtigkeit vorſtellt; unter dieſer befindet ſich ein flacher Theil Schildkröte, um die Regenbogenhaut zu machen, mit einer Oefnung in der Mitte für die Pupille; iſt dieſes weggenommen, ſo finden Sie eine plankonvexe Linſe, welche die zweite Kammer der wäßrigen Feuchtigkeit macht. Nunmehr nehmen Sie die zweite Bedeckung weg, oder die Aderhaut, ſo werden Sie eine kleine Linſe finden, deren Seiten von ungleichen Konvexitäten ſind, um die kriſtalliniſche Feuchtigkeit vorzuſtellen; unterhalb dieſer befindet ſich ein breites Glas von der Figur wie EDEV Taf. III. Fig. 10. das den übrigen Theil des kugelförmigen Raums einnimmt, und der gläſernen Feuchtigkeit entſpricht.

Um die Art des Sehens bei einem weitſichtigen Auge zu zeigen, bediene ich mich einer plankonvexen Linſe zu der erſten Kammer der wäßrigen Feuchtigkeit, deren Konvexität geringer iſt, als wir uns vorher bedient hatten. Man wende jetzt das Auge in dieſem Zuſtande gegen einen hellen Gegenſtand, ſo werden Sie das Bild davon ſehr unvollkommen auf der Netzhaut finden, dahingegen ſo wie Sie ein gehöriges Brillenglas vor das Auge halten, das Bild dadurch vollkommen gemacht wird.

Nimmt man eine mehr konvexe Linſe zur erſten Kammer der wäßrigen Feuchtigkeit, ſo haben wir ein kurzſich-

tiges Geſicht, und ein unvollkommnes Bild auf der Netzhaut: hält man nun aber eine gehörig konkave Linſe vor das Auge, ſo werden jetzt die Strahlen weniger konvergirend gemacht, und vereinigen ſich auf der Netzhaut, und machen dann ein deutliches Bild des vorliegenden Gegenſtands.

Von der umgekehrten Lage des Bildes.

Wenn das Sehen von dem Bilde auf der Netzhaut kommt, ſo läßt ſich fragen, warum wir den Gegenſtand ſo wie in der Natur aufrecht ſehen? und wie, indeß die Natur das Gemälde verkehrt macht, ihre Fehler doch ſo richtig verbeſſert werden?

Wenn es ſo leicht wäre, eine hinreichende Erklärung dieſer ganz beſondern Frage zu geben, als es iſt, Einwürfe gegen jedes bisher gegebne Syſtem zu machen, um in Rückſicht der Wirkungen der Seele auf den Körper und des Körpers auf die Seele Erklärungen zu wagen, ſo würde dieſe Frage längſt berichtiget worden ſeyn *).

Indeſſen wäre die Schwierigkeit gewiß noch gröſſer, wenn es das Bild wäre, was wir ſehen und nicht der Gegenſtand; allein das Bild wird gar nicht geſehen, da das Auge keinen Theil von ſich ſelbſt ſehen kann; das Bild iſt das Inſtrument, vermittelſt deſſen wir den Gegenſtand empfinden; allein es wird nicht ſelbſt empfunden, denn das Inſtrument empfindet

---

*) Man leſe hierüber weiter nach Reid on the mind. Porterfield on the Eye. Hartley on man. Bonnets Eſſay analitique ſur l'ame, Berkeley on Viſion u. a. m.

weder, noch vergleicht, noch urtheilt, dieſes ſind eigene Kräfte derjenigen pſychologiſchen Einheit, die wir Seele nennen.

Es iſt bei Betrachtung dieſes Gegenſtands ſchlechterdings erforderlich, einen Unterſchied zwiſchen dem Organe der Empfindung und dem Weſen zu machen, welches empfindet. Ein Menſch kann die Satelliten des Jupiters nicht ſehen, wenn er nicht Beihülfe von einem Teleſkope erhält: folgert er aber wohl hieraus, daß es das Teleſkop ſey, welches dieſe Satelliten ſieht? Auf keine Weiſe, denn dieſe Folgerung würde ſehr thöricht ſeyn: ſo wie es nicht weniger abgeſchmackt wäre zu ſchließen, daß es das Auge iſt, welches ſieht: das Auge iſt ein natürliches Organ des Geſichts, allein das natürliche Organ ſieht eben ſo wenig als das künſtliche.

Unſre Sinne ſind Inſtrumente, die von dem Urheber unſers Daſeyns ſolchergeſtalt eingerichtet ſind, daß ſie denjenigen Eigenſchaften an Gegenſtänden entſprechen, oder einen beſtimmten Bezug darauf haben, die ſie uns darſtellen. Eben dies iſt der Fall mit dem Auge; es iſt ein Werkzeug, welches äußerſt bewundernswürdig eingerichtet iſt, um ſichtbare Gegenſtände der Seele darzuſtellen; zu dieſer Abſicht refraktirt es die Lichtſtrahlen, und macht ein Bild auf der Netzhaut, allein ſelbſt ſieht es weder den Gegenſtand noch das Bild. Das Auge wird die Lichtſtrahlen refraktiren und ein Bild machen, nachdem es bereits aus dem Kopfe genommen worden, allein es erfolgt dieſerwegen doch kein Sehen. Selbſt wenn es ſich an ſeinem beſtimmten Orte befindet, und vollkmmen geſund iſt, benimmt eine Hinderniß in dem Geſichtsnerven alles Sehen, indeß das Auge alle ſeine Funktionen verrichtet hat.

In der That wiſſen wir, wie das Auge ein Bild von den ſichtbaren Gegenſtänden auf der Netzhaut macht;

allein wie dieſes Bild es macht, daß wir die Gegenſtände ſehen, wiſſen wir nicht: und hätten Verſuche uns nicht gelehrt, daß ein ſolches Bild erforderlich ſey, ſo wären wir davon ganz unwiſſend geblieben. Der Sitz der Empfindung, wo er auch liegt, ſcheint nicht paſſiv zu handeln, ſo wie er das Bild empfängt; die Bilder ſind die Urſache ihrer Gegenwirkung, und leiten einen Strahl von ſich ſelbſt gegen jeden Gegenſtand, der empfunden wird; welche Wirkung und Gegenwirkung wechſelſeitig ſind. Daher ſehen wir öfters Gegenſtände, wenn das Auge von ihnen gekehrt iſt, ſo wie wir nicht ſelten den Gegenſtand nicht ſehen, auf welchen das Auge gerichtet iſt, wenn die Aufmerkſamkeit mit etwas ganz anderm beſchäftiget iſt.

Die Bilder auf der Netzhaut ſind indeſſen ein Mittel des Sehens; denn ſo wie das Bild iſt, oder ſo wie die Wirkung der Lichtſtrahlen auf die Netzhaut beſchaffen iſt, ſo iſt die Erſcheinung des Gegenſtands in Farbe und Figur, Deutlichkeit und Undeutlichkeit, Helligkeit oder Blaßheit; allein da wir den Mechanismus der Seele, oder die Organiſation des Seelenauges ganz und gar nicht kennen, ſo können wir denn auch nicht ſagen, wie dieſe Wirkung ſich äußert, und müſſen daher blos ſchließen, daß das natürliche Auge ein Inſtrument des Sehens iſt.

Zufolge der Verſuche des Dr. Darwin ſieht man offenbar, daß die Netzhaut öfters in einem aktiven Zuſtande iſt, und daß von der Thätigkeit dieſes Organs viele Erſcheinungen des Sehens abhängen. Wenn zuerſt ein Eindruck auf die Netzhaut vermöge einer thätigen Kraft gemacht iſt, die eine entſprechende Veränderung und Gegenwirkung erzeugt, ſo geht ſie geradezu auf das Senſorium, und bewirkt, obſchon auf eine unbekannte Art die Empfindung von Gegenſtänden.

Ueber einen Gegenſtand alſo, der offenbar ſo dunkel iſt, und vielleicht ganz außer den Gränzen des menſch-

lichen Faſſungsvermögen liegt, ſo lange wir noch im gegenwärtigen Zuſtande uns befinden, muß dann auch jede Erklärung unvollkommen, und jede Erläuterung ſo bleiben, daß ſie der Sache keineswegs entſpricht. Unter den mancherlei Verſuchen des menſchlichen Witzes, um zu zeigen, warum ein umgekehrtes Bild das Mittel ſey, der Seele Gegenſtände in aufrechter Stellung darzuſtellen, dürfte folgender vielleicht einer der angemeſſenſten ſeyn.

Jeder Punkt eines Gegenſtands wird in der Richtung einer geraden Linie geſehen, welche von dem Bilde dieſes Punkts auf der Netzhaut durch den Mittelpunkt des Auges zu dem Objektpunkte geht; es beſtimmen daher ſolche Punkte der Seele das Daſeyn des Objektpunkts und deſſen wahre Lage, und es muß daher der Gegenſtand, deſſen Bild auf der Netzhaut der niedrigſte iſt, in der höchſten Richtung von dem Auge geſehen werden, ſo wie denn derjenige Gegenſtand, deſſen Bild auf der Netzhaut rechter Hand iſt, linker Hand geſehen werden muß: ſo daß vermöge eines natürlichen Geſetzes unſrer Einrichtung wir Gegenſtände aufrecht durch umgekehrte Bilder ſehen, eben ſo wie wenn die Bilder auf der Netzhaut aufrecht geweſen wären, wir den Gegenſtand umgekehrt geſehen hätten.

Indeſſen angenommen, daß die vorhergehende Erläuterung wahr ſey, und allen Erforderniſſen ganz entſpräche, bleiben doch immer noch viele Schwierigkeiten übrig, die den Phyſiker irre machen, und den Anatomiker in Verlegenheit ſetzen. Es giebt Theile des Auges, welche zur Vervollkommung des Geſichtsorgans Beihülfe leiſten, deren Natur und Funktionen aber uns gegenwärtig noch ganz unbekannt ſind. So wiſſen wir noch nicht, welchen Dienſt der Geſichtsnerve leiſtet, oder auf welche Art auch nur Beihülfe davon erfolgt. Daß er einigen Antheil an dem Vermögen zu ſehen habe, iſt offenbar, weil bei dem ſchwarzen Staare, von dem man ſagt, daß er eine Krankheit

des Geſichtsnerven ſey, die Bilder auf der Netzhaut vollkommen hell und deutlich ſind, ohne daß jedoch ein Sehen Statt findet.

Noch weniger kennen wir den Gebrauch und die Funktionen der Aderhaut, indeß ſie zum Sehen doch ſchlechterdings erforderlich iſt; denn es iſt bekannt, daß ein Bild auf denjenigen Theil der Netzhaut, wo ſie mit der Aderhaut nicht bedeckt iſt, nämlich beim Eintritte des Geſichtsnerven, eben ſo wenig geſehen wird, als ein Bild auf der Hand. (Indeſſen folgt doch dieß hieraus noch nicht, denn da, wo ſich keine Aderhaut befindet, befindet ſich auch keine Netzhaut, da der Geſichtsnerve ſich noch nicht auf dieſe Membran verbreitet hat. Würde die Aderhaut hinter der Netzhaut weggenommen, ſo ſtünde alsdann zu erwarten, daß das Sehen auch dann noch Statt fände.) Es giebt daher andre weſentliche Organe, deren Operationen zum Sehen erforderlich ſind, ſelbſt nachdem die Bilder auf der Netzhaut geſchehen ſind; ſollten wir irgend mit dem Gebrauche dieſer Theile bekannt werden, ſo werden alsdann mehrere Glieder der Kette ſich unſern Ausſichten darbieten, und wir werden ſonach dieſes wunderbare Werkzeug beſſer einſehen lernen.

Da wir Gelegenheit gehabt haben, zu erwähnen, daß kein Sehen Statt findet, welches von demjenigen Theile der Netzhaut erzeugt wird, der von der Aderhaut nicht bedeckt iſt, ſo wird es zweckmäßig ſeyn, dieſen Umſtand noch deutlicher zu erläutern, und zu zeigen, auf welche Art dieſes berichtiget worden iſt, deſſen Entdeckung denn auch zu einem langen Streite in Rückſicht des eigentlichen Sitzes des Sehens Gelegenheit gab.

Verſuch. Man befeſtige drei ſchwarze Flecke A, B, C, auf eine weiße Wand unter der Höhe des Auges, ſo daß A zur linken und C zur rechten Hand bleibt: ſich

ſelbſt ſtelle man gegen dieſe Flecke, ſchließe das rechte Auge, und richte das linke gegen den Fleck C, wo man alsdann beide A und C ſehen wird, indeß der mittlere Fleck B verſchwindet. Oder wenn man das linke Auge ſchließt, und das rechte gegen A wendet, ſo wird man beide, A und C ſehen, B aber wird verſchwinden. Wird das Auge gegen B gerichtet, ſo wird man B und A, aber nicht C ſehen, ſo wie überhaupt derjenige von den Flecken, welcher genau dem Geſichtsnerven gegenüber iſt, verſchwindet. Dieſer Verſuch iſt anfangs etwas ſchwer, läßt ſich aber durch eine geringe Uebung leicht anſtellen. Insgemein ſo wie wir Gegenſtände betrachten, ſind wir auf dieſen Fehler nicht aufmerkſam, weil wir die Theile des Auges, welche das Sehen machen, mit ſo vieler Schnelligkeit über den unſichtbaren Theil des Gegenſtands wegwenden, daß der Verluſt ohne beſondere Aufmerkſamkeit nicht merklich wird; dieſer Verluſt indeſſen in dem einen Auge, wird durch den Gebrauch beider erſetzt, da der Theil des Gegenſtands, welcher durch eines nicht geſehen wird, durch das andre dagegen deutlich bemerkbar wird. Dieſer Fehler des Geſichts, ob er ſchon jedem menſchlichen Auge gemein iſt, war jedoch noch nie bekannt, bis er von dem Scharfſinne des Herrn Mariotte im vergangenen Jahrhunderte entdeckt wurde.

Von den Gränzen des Sehens.

Nach Erklärung der allgemeinen Grundſätze des Sehens wollen wir nunmehr die Natur, die Eigenſchaften und die Sehkraft der Augen noch weiter unterſuchen. So wie in einem dunkeln Zimmer ein ſehr kleiner Lichtſtrahl ſichtbar iſt, ſo werden auch in allen Fällen, wenn das umgebende Medium ſehr dunkel iſt, Gegenſtände bei wenig Lichte geſehen. Es wird daher, wenn das Medium um

das Auge herum dunkel iſt, eine geringe Menge Licht zum Sehen hinreichend ſeyn, indem das Auge vermöge Ausſchließung alles beigängigen Lichts, ſelbſt der feinſten Eindrücke empfänglich gemacht wird.

Die Weite und der Umfang unſers Geſichts, iſt nach Verhältniß der Menge an Licht, welches uns umgiebt, bald größer bald kleiner, angenommen daß die Erleuchtung des Gegenſtands dieſelbe bleibt. Es iſt daher berechnet worden, daß wenn der nämliche Gegenſtand, den wir bei Tage unter einem Abſtande ſehen, der ſo groß iſt, als ſein Durchmeſſer 3436 mal beträgt, zur Nachtzeit gleichmäßig erleuchtet würde, er unter einem 100 mal größern Abſtande würde geſehen werden.

So kann in einer finſtern Nacht der ſchwache Schein eines Lichts unter einem großen Abſtande geſehen werden, ſo wie denn die Fixſterne, ob ſie ſchon keinen merklichen Durchmeſſer haben, ſichtbar werden, und deren um ſo mehr geſehen werden, je finſtrer die Nacht iſt. Indeſſen iſt eine gewiſſe Menge Licht ſelbſt in dieſem Falle zum Sehen erforderlich; denn die Eindrücke des Lichts von den Satelliten des Jupiter und des Saturn ſind zu ſchwach, um ohne Beihülfe eines Teleſkops merkbar zu werden.

Bei Annäherung des Tages, und ſo wie die Dämmerung wächſt, fängt das Auge an, vermöge der Reflexion der Atmoſphäre erleuchtet zu werden, die Sterne werden bläſſer, und nach Verhältniß als das Licht ſtärker wird, verſchwinden zuerſt diejenigen von der geringſten, und endlich die von der größten Größe. So wie der Tag weiter vorgeht, verliert der Mond ſelbſt ſeinen Schein, bis endlich ſein Licht überwältiget wird, und er nicht länger mehr ſichtbar iſt. Auf gleiche Art werden kleine Partikelchen, die in einem Lichtſtrahle ſchwimmen, der in ein verfinſtertes Zimmer gelaſſen wird, geſehen;

allein ſo bald das ganze Zimmer erleuchtet iſt, verſchwinden dieſe Partikelchen.

Eine von den Urſachen, warum wir öfters nicht im Stande ſind, entfernte Gegenſtände zu unterſcheiden, iſt die allzugroße Menge von Strahlen, welche von den dazwiſchenliegenden Gegenſtänden reflektirt werden, und vermöge ihres Glanzes uns verhindern, daß wir die bläſſern Strahlen nicht gewahr werden, welche von denjenigen kommen, die entfernter ſind; ſo daß dann, wenn die Gegenſtände ſehr entfernt liegen, ihr Bild auf der Netzhaut durch die lebhaften und ſtarken Eindrücke, die von denen geſchehen, die näher liegen, ſehr verdunkelt wird; allein wenn die zwiſchenliegenden ein ſchwaches Licht geben, in Vergleich mit demjenigen, welches von den entferntern kommt, ſo werden dieſe ein deutliches Bild auf der Netzhaut machen, und vollkommen ſichtbar werden.

Die Weite des Sehens wird nicht nur vermöge des Lichts des umgebenden Medium begränzt, welches zu dem Auge nebſt den Lichtbüſcheln gelangt, die von den umherliegenden Gegenſtänden herkommen, ſondern es wird auch noch ferner durch die heterogenen Partikelchen gehindert, die beſtändig in der Luft umherfliegen: dieſe machen vermöge ihrer Undurchſichtigkeit und ihres reflektirenden Vermögens eine Art von Schleier, welcher das Sehen entfernter Gegenſtände verdunkelt; je mehr nun das Medium mit ſolchen Partikelchen überladen iſt, und je entfernter der Gegenſtand von dem Zuſchauer liegt, deſto dunkler und undeutlicher wird er erſcheinen, und die Gränzen des Sehens um ſo mehr vermindert werden.

Die Ausdünſtungen, welche beſtändig fort von der Erde aufſteigen, vermehren dieſe Dunkelheit, und machen die Luft minder durchſichtig, beſonders nahe an der Erde: daher erſcheinen die Körper am Himmel überhaupt je

dunkler, wenn ſie nahe am Horizonte ſtehen, als wenn bereits ihre Höhe beträchtlich iſt, weil im erſten Falle ſie durch denjenigen Theil der Atmoſphäre geſehen werden, welcher die Oberfläche der Erde berührt, im letztern Falle hingegen aber nur durch einen Theil, welcher unter einer größern Entfernung davon iſt.

Jedermann weiß, daß Gegenſtände unter einer gegebenen Entfernung um ſo deutlicher geſehen werden, und unter einer größern Entfernung bei heiterm Wetter ſichtbar ſind, als wenn es trübe und neblicht iſt. So wird früh an einem heitern Morgen, und wenn die Luft frei von Dünſten, und nicht ſehr erleuchtet iſt, ein Hügel oder Vorgebürge in einer großen Entfernung ſichtbar werden; ſo wie aber der Tag zunimmt, wird das Land dunkler, bis endlich vermöge der großen Undurchſichtigkeit des dazwiſchenkommenden Dampfes und des dadurch bis zum Auge reflektirten Lichts, der Gegenſtand mehr und mehr verſchwindet, und endlich gar nicht mehr geſehen werden kann. Hügel und andere hohe Gegenden werden früh zum Theil aus dieſem Umſtande um deſto deutlicher geſehen, weil ſie wegen ihrer Höhe um ſo mehr erleuchtet werden, als die Gegenden, welche dazwiſchen und dem Zuſchauer liegen.

Indeſſen iſt die Dunkelheit, welche von den Ausdünſtungen entſteht, nicht der geringſte Theil der Unbequemlichkeit, die ſie verurſachen. Die aufſteigenden Dünſte haben eine Art von wellenartiger Bewegung, ſo wie man am Rauche oder Dampfe gewahr wird, ſo daß Gegenſtände, welch durch ſie geſehen werden, eine zitternde oder tanzende Bewegung erhalten, welche ſelbſt dem bloßen Auge ſchon merklich wird. Wenn entfernte Gegenſtände an einem heißen Sommertage betrachtet werden, ſo iſt dieſe Wirkung in Teleſkopen ſo auffallend, daß ſie dann

für Gegenſtände auf der Erde ganz unbrauchbar werden, ſo bald die Vergrößerung über 80mal geht.

Aus dieſem Mangel von Durchſichtigkeit in der Atmoſphäre entſteht diejenige allmähliche Verminderung in dem Lichte der Gegenſtände, welche die Maler die Luftperſpektive nennen, und wodurch ſie ſich bemühen, die Abſtuffung an der Farbe, und die mindere Deutlichkeit in dem Umriſſe, beſonders bei Gegenſtänden in einiger Entfernung, zu erhalten: denn wäre die Luft vollkommen durchſichtig, ſo würde ein Gegenſtand unter allen Entfernungen gleichmäßig helle ſeyn, weil die ſichtbare Fläche und die Dichtigkeit des Lichts nach dem nämlichen Verhältniſſe abnimmt.

Eine andre Urſache, welche den Umfang des Sehens begränzt, und zu deren Wegräumung optiſche Inſtrumente beſonders um ſo mehr eingerichtet werden, iſt ihre mindere Größe nach Verhältniß ihrer Entfernungen; denn ausgenommen in denjenigen Fällen, wenn leuchtende Gegenſtände im Finſtern geſehen werden, iſt es erforderlich, daß ein Bild auf der Netzhaut irgend eine beſtimmte Größe habe, um deutlich bemerkbar zu werden. So kann ein Haus unter einem beträchtlichen Abſtande geſehen werden, indeß wir ungleich näher ſeyn müſſen, ehe wir die Fenſter unterſcheiden können, und noch näher, um die Ziegeln daran zu erkennen.

Es iſt nicht leicht mit Genauigkeit die Größe des Minimum viſibile, oder den Winkel zu beſtimmen, den der kleinſte ſichtbare Gegenſtand noch haben muß. Herr Harris hat aus verſchiedenen Verſuchen gefolgert, daß Gegenſtände ſelten unter einem Winkel noch ſichtbar werden, der weniger als 40 Sekunden beträgt, und ins Mittel gerechnet, nicht weniger als zwei Minuten.

Ein einfacher Gegenſtand z. B. eine weiße oder ſchwarze viereckige Fläche auf einer andern von ent-

gegengeſetzter Farbe, wird unter einem geringern Winkel ſichtbar, als Theile oder Gegenſtände auf einer andern mehr gemiſchten Fläche. Je mehr die Gegenſtände an Farbe verſchieden ſind, um deſto leichter können wir ihre verſchiedenen Eindrücke auf die Netzhaut bemerken: verſchiedene Grade an Licht auf dem nämlichen Gegenſtand werden ihn gleichfalls unter verſchiedenen Entfernungen und unter verſchiedenen Winkeln ſichtbar machen: überhaupt iſt die gewöhnlichſte Urſache der Nichtſichtbarkeit der Gegenſtände der Mangel an hinreichendem Lichte in den Strahlenbüſcheln, die von ihnen ausfahren; verſchiedene angränzende Gegenſtände werden kaum von einander unterſcheidbar, wofern ſie nicht unter Winkeln liegen, die nicht weniger als vier Minuten betragen.

Ein langer ſchwacher Gegenſtand iſt unter einem kleinern Winkel ſichtbar, als ein viereckiger Gegenſtand von der nämlichen Breite; ein ſchwacher Gegenſtand, z. B. eine Schnure, kann angeſehen werden, als beſtehe er aus verſchiedenen Quadraten, die mit einander verbunden ſind; ob nun ſchon eines dieſer Quadrate zu klein ſeyn dürfte, um geſehen zu werden, ſo ſind doch die Lichtbüſchel, welche von jedem derſelben kommen, an einander hängend ſind und zu gleicher Zeit auf die Netzhaut fallen, im Stande, vermöge ihrer vereinigten Kraft das Sehvermögen zu erwecken, und ſo die Gegenſtände ſichtbar zu machen, woher ſie kamen. Aus der nämlichen Urſache iſt ein kleiner Gegenſtand in Bewegung leichter zu unterſcheiden, als wenn er ruht, und kann in dem einen Falle ſichtbar gemacht werden, wenn er es ſchon in dem andern nicht iſt. Ein kleiner Stern bei Tage oder in der Dämmerung, der durch ein dahin gerichtetes Teleſkop nicht leicht geſehen werden kann, wird ſichtbar werden, wenn man das Teleſkop erſchüttert oder bewegt.

Es giebt einen großen Unterſchied in dem Grade der Empfindbarkeit verſchiedener Augen. Man erzählt von Perſonen, welche ohne Beihülfe von Gläſern einen Satelliten des Jupiters geſehen, ein Umſtand, welcher vielen unglaublich ſcheinen dürfte. Allein wenn wir bedenken, wie ſehr die verſchiedenen Umſtände des Lichts auf das Sehen wirken, und um wie ungleich weiter unſer Geſicht unter verſchiedenen günſtigen Umſtänden ſich erſtrecken kann als unter andern, ſo läßt ſich alsdann gegen dieſe Erzählungen nichts einwenden.

Die folgende Berechnung des Herrn de la Hire wird einen Begrif von der außerordentlichen Empfindbarkeit der Sehnerven geben. Der Flügel einer Windmühle von 6 Fuß im Durchmeſſer kann in einer Entfernung von 4000 Toiſen geſehen werden; nehmen wir nun an, daß das Auge einen Zoll im Durchmeſſer halte, ſo wird das Bild dieſes Flügels auf dem Grunde des Auges der 8000ſte Theil eines Zolls ſeyn. Dies beweiſt, mit welcher wunderbaren Genauigkeit die Lichtſtrahlen durch das Auge refraktirt werden, wenn ein Strahlenbüſchel, welcher von einem Punkte des Gegenſtands kommt, auf einen Punkt auf der Netzhaut fällt, daß er nicht einmal um den 8000ſten Theil eines Zolls abweicht.

Wenn ein Gegenſtand zu nahe ans Auge gehalten wird, ſo wird er undeutlich, und zwar um ſo mehr, je näher er dem Auge kommt, ohnerachtet ſeine ſcheinbare Größe dadurch vermehrt wird, ſo wie denn ein ſehr ſchwacher Gegenſtand ganz unſichtbar wird.

Im allgemeinen iſt die nächſte Entfernung des deutlichen Sehens ohngefähr 7 oder 8 Zoll; unter dieſem Abſtande kann man eine kleine Schrift insgemein leſen, und alle kleine Gegenſtände unterſuchen. Denn ob zwar verſchiedene Augen kleine Gegenſtände am beſten unter einer

Entfernung von 6, 4 und ſelbſt 3 Zoll, andre hingegen unter 12, 15 und 20 Zoll ſehen können, ſo ſind dieſes doch immer nur eigene Fälle, und betreffen daher die gegenwärtige Unterſuchung nicht.

Ein kugelähnlicher Gegenſtand, welcher weniger als $\frac{1}{650}$ eines Zolls im Durchmeſſer beträgt, iſt für gewöhnliche Augen ganz unſichtbar: überhaupt kann, einige wenige Fälle ausgenommen, ein Gegenſtand nicht geſehen werden, welcher weniger als $\frac{1}{430}$ Theil eines Zolls im Durchmeſſer hält; ein Gegenſtand von dieſer Breite wird dann unter einer Entfernung von 8 Zoll vom Auge einen Winkel von 1 Minute machen. Allein wenn das Feld, worauf der Gegenſtand ſich befindet, beinahe von gleicher Farbe damit iſt, ſo können wir dieſen Gegenſtand unter einem Winkel ſehen, welcher weniger als ohngefähr 4 Minuten iſt. Unter ſolchen Umſtänden iſt der kleinſte ſichtbare Gegenſtand nicht weniger als $\frac{1}{100}$ Theil eines Zolls im Durchmeſſer. Ins Mittel gerechnet iſt die Größe von $\frac{1}{100}$ Theil eines Zolls im Durchmeſſer die Größe des kleinſten kugelähnlichen Gegenſtands, welcher durch das bloße Auge noch erkannt werden kann.

Vom deutlichen und undeutlichen Sehen.

Hier wird es beſonders zweckmäßig ſeyn, mit mehrerer Genauigkeit zu erklären, was unter deutlichem Sehen verſtanden wird, und was es für ein Unterſchied iſt, einen Gegenſtand deutlich und helle zu ſehen, weil die Helligkeit, unter welcher ein Gegenſtand geſehen wird, nur zu oft mit dem deutlichen Sehen vermengt wird.

Wir ſehen einen Gegenſtand helle, wenn er hinreichend erleuchtet iſt, um vermögend zu ſeyn, uns einen

allgemeinen Begrif von ſeiner Figur zu machen, und ihn von andern Gegenſtänden zu unterſcheiden: hingegen ſehen wir ihn deutlich, wenn der Umriß davon gehörig begränzt iſt, wenn wir die Theile deſſelben unterſcheiden, und ihre Farbe und Lage beſtimmen können. So kann man ſagen, daß man einen entfernten Gegenſtand helle ſieht, wenn wir z. B. beſtimmen können, daß es ein Thurm ſey; allein um ſehr deutlich zu ſehen, müſſen wir näher gehen, um im Stande zu ſeyn, nicht nur ſeinen allgemeinen Umriß, ſondern auch die Theile zu ſehen und zu unterſcheiden, aus denen er beſteht.

Dies erhält nähere Beſtimmung, wenn wir auf den Verſuch in einem verfinſterten Zimmer Rückſicht nehmen, wo wir bald einen beträchtlichen Unterſchied zwiſchen der Deutlichkeit und Helle eines Bilds bemerken können, und wo wir finden werden, daß eine Verwirrung der Theile mit der Dunkelheit keineswegs einerlei ſey.

Denn das Bild kann in allen ſeinen Theilen deutlich ſeyn; die Strahlen, welche von einem und dem nämlichen Punkte in dem Gegenſtande kommen, können genau in einem und dem nämlichen Punkt auf dem Papiere geſammelt werden, und doch wird, wenn nur wenige Strahlen durch die Linſe gehen, und folglich der Raum, wo das Bild ſich befindet, nur ſchwach erleuchtet werden wird, dieſes Bild, ob es übrigens ſchon deutlich ſeyn kann, blaß und dunkel ſeyn. Hingegen wird, ob auch ſchon das Bild verwirrt iſt, es ſei nun, weil das Papier unter einem minder ſchicklichen Abſtande von der Linſe liegt, oder aus irgend einer andern Urſache, wenn nur viele Strahlen durch die Linſe gehen, und das Papier ſtark erleuchten, das Bild, ohnerachtet des Mangels an Deutlichkeit, helle ſeyn.

Die Helligkeit, unter welcher ein Gegenſtand geſehen wird, hängt vornämlich von folgenden Umſtänden ab.

1) Von der Menge des Lichts, welches von dem Gegenſtande zu dem Auge gelangt; dies wird größtentheils nach dem Abſtande ſich verhalten, denn die Dichtigkeit des Lichts vermindert ſich in einem umgekehrten Verhältniſſe zu dem Quadrate der Entfernungen.

2) Von der Farbe des Gegenſtands ſelbſt, und derjenigen Gegenſtände, die ihn umgeben.

3) Von der Art und Weiſe, unter welcher das Licht auf den Gegenſtand fällt, und davon reflektirt wird.

4) Von der Oefnung der Pupille, denn je weiter dieſe iſt, deſto größer wird die Menge der Strahlen ſeyn, welche auf die Netzhaut fallen.

5) Von der Durchſichtigkeit und Reinigkeit der Feuchtigkeiten des Auges, ſo wie von der Geſundheit der übrigen Theile zum Sehen.

6) Von der Durchſichtigkeit der Atmoſphäre.

Wenn alle dieſe Umſtände zuſammentreffen, ſo wird ein Gegenſtand helle erſcheinen, und ſo mehr und weniger, nach Verhältniß als einer derſelben fehlt. Um indeſſen ein deutliches Sehen zu bewirken, iſt es erforderlich, daß nicht nur der Gegenſtand hinreichend erleuchtet ſey, ſondern daß auch die verſchiedenen Büſchel, bei ihrem Auffallen auf die Netzhaut, gehörig getrennt werden, ohne ſich mit einander zu vermiſchen; iſt dies nicht der Fall, ſo wird der Umriß des Gegenſtands, und deſſen Theile blaß, düſter und ſchlecht begränzt erſcheinen. Wir können daher folgende Bedingungen als ſchlech-

terdings erforderlich anſehen, um deutlich zu ſehen.

1) Die Gegenſtände müſſen hinreichend erleuchtet ſeyn: ſind nun alle übrige Umſtände gleich und einerlei, ſo erhält, je näher der Gegenſtand iſt, und je heller ſeine Farbe, das Auge davon um ſo mehr Licht; dies iſt denn auch eine Urſache, warum nahe Gegenſtände um deſto deutlicher geſehen werden, als ſolche, welche entfernter ſind.

2) Das geometriſche Bild der Gegenſtände muß entweder unmittelbar auf die Netzhaut, oder ſehr nahe an dieſelbe fallen, auch müſſen dieſe Bilder eine hinreichende Größe haben, außerdem können die Theile des Gegenſtands nicht deutlich bemerkt werden; der Mangel an Größe bey einem ſolchen Bilde iſt gleichfalls eine Urſache der Undeutlichkeit entfernter Gegenſtände.

3) Iſt es gleichfalls erforderlich, daß das Auge im vollkommnen Zuſtande, und deſſen Feuchtigkeiten durchſichtig ſind, damit die Impreſſionen des Lichts lebhaft und deutlich werden können.

Bei einem gegebenen Auge, und einer gegebenen Beſchaffenheit des Auges wird ein Bild auf der Netzhaut am vollkommenſten ſeyn, wenn der Gegenſtand unter irgend einem beſtimmten Abſtande von dem Auge iſt, wo denn nahe bei dieſem Punkte oder Orte die Gegenſtände, wenn ſie nicht allzuklein ſind, deutlich geſehen werden. Ein Gegenſtand unter einer größern oder geringern Entfernung wird ſein Bild entweder vor oder hinter der Netzhaut machen, und in jedem Falle wird, wenn der Abſtand des Bilds von der Netzhaut beträchtlich iſt, das Sehen undeutlich ſeyn.

Indeſſen hat Dr. Jurin gezeigt, daß es zum deutlichen Sehen eben nicht erforderlich iſt, daß die Bilder der

Gegenſtände, oder die Punkte der Vereinigung der Strahlen, genau auf der Netzhaut ſeyn müſſen, ſondern daß es eine gewiſſe Breite ſowohl vor als hinter der Netzhaut giebt, innerhalb welcher, welche Bilder auch entſtehen, das Sehen gleich deutlich erfolgt, und daß dieſe Breite größer oder geringer ſey, je nachdem die Geſichtswinkel, unter denen die Gegenſtände geſehen werden, größer oder geringer ſind.

Wenn ein gedrucktes Blatt, worauf Buchſtaben von dreierlei oder viererlei Größen ſich befinden, unter einer ſolchen Entfernung gehalten wird, daß jede Art von Druck ohne Anſtrengung oder Bemühung des Auges vollkommen deutlich wird, ſo kann man in dieſem Falle allgemein annehmen, daß die Bilder der verſchiedenen Buchſtaben auf die Netzhaut fallen. Wenn nun das gedruckte Blatt allmählich näher und näher gebracht wird, ſo wird zuerſt der kleinſte Druck anfangen verwirrt zu werden, indeß der größere noch ſo deutlich bleibt, wie vorher: bringt man das Blatt noch näher, ſo wird der kleine Druck noch verwirrter, die nächſte Größe hingegen fängt an, ſich etwas zu verzerren, indeß der große Druck noch immer ſo lesbar wie vorher bleibt; und ſo durch verſchiedene Grade, bis alles in Verwirrung geräth.

Der nämliche Verſuch kann auf entgegengeſetzte Art angeſtellt werden, wenn man ſich dieſerwegen einer Brille bedient, die die erforderliche Konvexität hat. Es iſt alſo hieraus deutlich, daß wir deutlich ſehen, wenn die Brennpunkte der Büſchel unter einigem Abſtande entweder vor oder hinter der Netzhaut ſind, und daß je größer der Gegenſtand iſt, deſto größer dieſe Breite ſey.

Allein da in dieſem Falle die Büſchel von jedem Punkte entweder einander treffen, ehe ſie die Netzhaut erreichen, oder hinter derſelben ſich zu vereinigen ſuchen, ſo

muß das Licht, welches von ihnen kommt, einen kreisförmigen Fleck darauf bedecken, und wird daher das Bild größer malen, als das vollkommne Sehen es vorſtellen würde: es wird alſo jeder Gegenſtand, der entweder zum vollkommnen Sehen zu nahe oder zu entfernt iſt, vermöge eines Halbſchattens des Lichts größer erſcheinen, welcher von den kreisförmigen Räumen verurſacht wird, die vermöge der Strahlenbüſchel erleuchtet werden, die von den Enden der Gegenſtände ausgehen. Dieſe kreisförmigen Räume heißen Zerſtreuungskreiſe. Man ſieht gewiſſermaßen hieraus, warum kurzſichtige Perſonen nahe Gegenſtände zum Theil vergrößert finden, wenn ſie ſich eines konkaven Glaſes bedienen, was nicht ſo tief iſt, als woran ſie ſich eigentlich gewöhnet haben.

Wegen dieſer Halbſchatten ſieht man denn deutlich, daß zwei Sterne näher aneinander zu ſeyn ſcheinen werden, als ſie wirklich ſind, und ſtehen ſie wirklich ſehr nahe, blos als ein einziger erſcheinen, nur heller als einer von ihnen allein; dieſe zwei Sterne werden dann das nämliche Anſehen haben, als ob ein hellerer Stern in der Mitte des Raums erſchiene, der von beiden Sternen eingenommen wird.

Wenn Gegenſtände groß ſind, ſo werden ſie unter einer ungleich geringern Entfernung als kleine Gegenſtände hinreichend deutlich erſcheinen, weil die Halbſchatten nicht ſo viel Irrung machen. Aus dieſer Urſache kann ein großer Druck in einer dem Auge ungleich nähern Entfernung geleſen werden, als ein kleiner: erſterer wird blos ſchlecht begränzt, indeſſen aber doch hinreichend deutlich erſcheinen, indeß letzterer ganz unleſerlich iſt, und der Halbſchatten des einen Buchſtaben mit demjenigen des andern ſich vermengt.

Es iſt ſehr ſchwer, den natürlichen Abſtand zum deutlichen Sehen, oder denjenigen Abſtand, unter wel-

chem das Auge ohne Anſtrengung und Bemühung vollkommen deutlich Gegenſtände erkennen kann, genau zu beſtimmen. Wenn wir annehmen, daß dieſer Abſtand derjenige ſey, unter welchem wir gewöhnlich einen großen ſaubern Druck leſen, ſo wird er gegen 15 oder 18 Zoll betragen; geringer kann er nicht ſeyn, da die gewöhnlichen Gegenſtände größer ſind, als die Buchſtaben eines Buchs, ſo wie denn, wenn wir Objekte näher betrachten, dieſes wegen ihrer Kleinheit geſchieht: auch iſt es nicht wahrſcheinlich, daß der Abſtand viele Fuß betragen kann, da, um Gegenſtände zu unterſuchen, wir jederzeit ſie dem Auge zu nähern ſuchen, ausgenommen wenn ſie ſehr groß ſind. Die näheſte Entfernung zum deutlichen Sehen wird insgemein zu 7 oder 8 Zoll vom Auge angenommen. Derjenige Punkt in irgend einem Gegenſtande, gegen welchen die Seh - Axe gerichtet iſt, wird deutlicher geſehen, als alles übrige. Die Wahrheit dieſes Satzes beſtätiget die allgemeine Erfahrung: wenn wir unſre Augen genau gegen einen beſondern Theil eines Gegenſtands richten, und unverwandt darauf ſehen, ſo können wir in der That, wenn der Gegenſtand nicht ſehr groß iſt, zu der nämlichen Zeit ihn ganz ſehen, indeſſen aber wird denn doch dieſer Theil immer deutlicher erſcheinen, als alle übrigen; allein einen Gegenſtand unverwandt betrachten iſt ein Wenden unſrer Geſichtsaxe dahin.

Von der Veränderung in der Bildung des Auges zum deutlichen Sehen unter verſchiednen Entfernungen.

So wie ein Schif ein verſchiedenes Belaſten für jede Veränderung der Richtung und Stärke des Windes erfordert, ſo erfordern auch die Augen eine verſchiedene

Einrichtung und Vorbereitung für jeden Grad des Lichts, und für jede Veränderung in dem Abſtande des Gegenſtands, ſo lange er innerhalb gewiſſen Gränzen ſich befindet. Dieſe Einrichtung der Augen für einen beſondern Gegenſtand geſchieht vermittelſt Zuſammenziehung gewiſſer Muskeln und Nachlaſſung anderer, ſo wie ein Schif in das für einen beſondern Wind erforderliche Gleichgewicht durch Anziehung einiger Taue und Nachlaſſung anderer geſetzt wird. Der Matroſe lernt dieſe Behandlung ſeines Schifs aus Erfahrung, eben ſo wie es der Fall mit unſern Augen iſt.

Indeſſen iſt das Schif, ohnerachtet es eine der vorzüglichſten Maſchinen iſt, auf die die menſchliche Kunſt ſtolz ſeyn kann, doch immer weit unter dem Auge. Es erfordert Kunſt und Geſchicklichkeit, damit auf dem Waſſer zu fahren, und der Matroſe muß genau wiſſen, welche Taue er anziehen, und welche er ſchlaff machen muß, um es nach jedem beſondern Winde zu richten; dahingegen iſt das Auge mit einer ungleich erhabnern Weisheit gebauet, und die Grundſätze ſeiner Bewegung ſind ſo eingerichtet, daß es weder Kunſt noch beſondere Geſchicklichkeit erfordert, durch daſſelbe zu ſehen: wir brauchen gar nicht erſt zu lernen, welche Muskeln wir zuſammenziehen, noch welche wir nachlaſſen müſſen, um das Auge für irgend einen beſondern Abſtand eines Gegenſtands in Stand zu ſetzen.

Indeſſen ob wir nun aber ſchon der Bewegungen uns unbewußt ſind, die wir dieſertwegen machen, um die Augen für irgend einen Abſtand eines Gegenſtands einzurichten, ſo ſind wir uns doch der Kraft bewußt, welche wir anwenden, um dieſe Bewegungen zu machen, und haben wahrſcheinlich irgend eine Empfindung, womit ſie begleitet iſt, worauf wir aber eben ſo wenig Achtung geben,

als auf verſchiedene andere Empfindungen; auf dieſe Art wird denn eine Empfindung, ſie ſei nun dieſer Wirkung vorgängig oder nachfolgend, mit der Entfernung des Gegenſtands verwebt, welcher Gelegenheit dazu gab, vermöge welcher Verbindung denn ein Merkmal dieſes Abſtands erhalten wird.

Daß wir im Stande ſind, Gegenſtände mit beinahe gleicher Deutlichkeit zu ſehen, ob ſie ſchon unter verſchiedenen Entfernungen von einander ſich befinden, iſt offenbar; allein die Veränderung, welche in dem Auge zu dieſer Abſicht Statt findet, oder der Mechaniſmus, wodurch dieſe Wirkung erzeugt wird, läßt ſich nicht ſo leicht beſtimmen.

Bei dem erſten Ueberblicke der Sache ſelbſt ſcheint es offenbar zu ſeyn, daß wenn verſchiedene Gegenſtände unter verſchiedenen Entfernungen vor uns ſind, ſie zu gleicher Zeit nicht gleich deutlich erſcheinen werden. Damit man nun nicht etwa vermuthe, daß die Undeutlichkeit in dieſem Falle von den Eindrücken herrühre, die nicht auf die entſprechenden Fibern der beiden Netzhäute geſchehen könnten, wollen wir den Verſuch blos mit einem Auge allein anſtellen, indeß wir das andere zuſchließen; ſo ſtelle man zwei kleine Gegenſtände, z. B. zwei Stifte hinter einander, und entferne den einen gegen 1 Fuß und den andern gegen 6 Zoll Entfernung von dem Auge. Einer dieſer Gegenſtände, wenn man aufmerkſam darauf ſieht, wird deutlich erſcheinen, indeß der andre zu gleicher Zeit, ob er ſchon in der Axe des Auges liegt, verwirrt erſcheint. Hieraus iſt denn offenbar, daß einerlei Bildung des Auges zum deutlichen Sehen unter allen Entfernungen nicht eingerichtet iſt, und daß ſolchergeſtalt das Auge durch irgend gewiſſe Mittel ſeine Bildung abändere, ſo wie es etwa zum Sehen unter verſchiedenen Entfernungen erforderlich ſeyn dürfte.

Auf gleiche Art, wie bei dem vorhergehenden Verſuche, werden, wenn das Auge aufmerkſam auf die kleinen Riſſe oder Staubpartikelchen auf einem Fenſterſcheibenglaſe ſieht, die Gegenſtände außerhalb undeutlich ſeyn, ſo wie im Gegentheil, wenn wir blos auf die äußern Gegenſtände ſehen, die undurchſichtigen Partikelchen auf dem Glaſe, welche vorher ſehr deutlich waren, jetzt verwirrt ſeyn werden. Auch geſchieht es häufig, daß wenn wir zuerſt auf einen Gegenſtand ſehen, er ſehr verwirrt erſcheinen wird, welche Undeutlichkeit aber nach und nach verſchwindet, ſo daß in kurzer Zeit der ganze Gegenſtand vollkommen deutlich wird.

Eben ſo werden, wenn wir, nachdem wir einige Zeit auf ein Buch ſtarr hingeſehen haben, plötzlich auf entferntere Gegenſtände ſehen, ſie erſtlich undeutlich, ſodann aber nach und nach immer deutlicher erſcheinen. Eine ähnliche Undeutlichkeit findet Statt, wenn, nachdem wir auf entfernte Gegenſtände geſehen, wir plötzlich auf einen ſehen, der ſehr nahe iſt. Woher entſtehen dieſe Erſcheinungen anders, als von einer Veränderung in der Bildung des Auges zum Sehen unter verſchiedenen Entfernungen? eine Veränderung, welche immer irgend einen gewiſſen geringen Zeitraum erfordert. Es kann nicht von dem letzten Eindrucke auf das Auge herkommen, der noch nicht ausgelöſcht worden; denn in dieſem Falle würde die nämliche Undeutlichkeit bemerkt werden, wenn wir das Auge von einer Seite des Buchs auf die andre wenden.

Dieſe Erſcheinungen ſind ſtärker, wenn ſie geſchehen, ohne daß wir darauf denken; denn wenn wir den Verſuch mit Vorſatz anſtellen, und die Seele bereits gewiſſermaßen vorbereitet iſt, was erfolgen dürfte, ſo hat ſie zum Theil Zeit, unſre Abſicht zu vereiteln und zwar um ſo mehr, als dieſe Veränderungen etwas mühſam ſind.

Die Schriftſteller ſind in Rückſicht der Meinungen wegen der Veränderung getheilt, die in der Bildung des Auges erfolgt, um unter verſchiedenen Entfernungen ein deutliches Sehen zu bewirken; einige glauben nämlich, daß dieſe Veränderung in der Länge des Auges geſchehe, andre hingegen, daß die Figur oder Lage der Kriſtallinſe ſich ändre, und noch andere, daß es eine Veränderung der Hornhaut ſey. Die Schriftſteller jeder Meinung haben ihre Einwendungen gegen alle übrige, ſo daß vielleicht die Wahrheit zwiſchen ihnen allen inne liegt. Da die Lichtſtrahlen eine ſtärkere Refraction auf der Hornhaut erleiden, als es nachher geſchieht, ſo iſt deutlich, daß eine geringere Veränderung in Rückſicht der Größe in dem Halbmeſſer der Hornhaut das Geſchäfte bewirken wird, als in irgend einem andern Theile des Auges hinreichend ſeyn dürfte; allein zu gleicher Zeit müſſen wir auch zugeben, daß die meiſten Perſonen, denen der Staar geſtochen worden iſt, genöthiget ſind, Gläſer von verſchiedenen Konvexitäten zu haben, um unter verſchiedenen Entfernungen deutlich zu ſehen, woraus denn nothwendig folgt, daß die kriſtalliniſche Feuchtigkeit bei der Veränderung in der Bildung des Auges zugleich mit wirkſam iſt. Vielleicht können die Hornhaut und die kriſtalliniſche Feuchtigkeit, und vielleicht noch verſchiedene andere Theile des Auges das ihrige beitragen, um dieſe Wirkungen zu erzeugen: um nun ein deutliches Sehen unter einem nähern Abſtande zu erhalten, wird zu gleicher Zeit die Hornhaut mehr konvexer gemacht, die Axe des Auges etwas verlängert, die Kriſtallinſe konvexer und näher vorwärts gebracht, als welche Veränderungen ſämmtlich zu dieſer Abſicht beitragen; ganz das Entgegengeſetzte findet Statt, wenn wir unter einem größern Abſtande ſehen wollen.

Es iſt von Schriftſtellern über Optik gezeigt worden, daß wenn ein Gegenſtand deutlich unter drei verſchiedenen Entfernungen von dem Auge geſehen wird, deren erſte die

geringſte Entfernung ſeyn ſoll, unter welcher er deutlich geſehen wird, der zweite das doppelte der erſten, und der dritte unendlich, die Veränderungen in der Bildung des Auges, welche erforderlich ſind, um einen Gegenſtand unter der erſten und zweiten Entfernung deutlich zu ſehen, deren Unterſchied nur ſehr geringe iſt, ſo groß ſind, als diejenigen, welche für die zweite und dritte erforderlich ſind, deren Unterſchied unendlich iſt.

Wenn daher eine kurzſichtige Perſon eine klein gedruckte Schrift unter zwei verſchiedenen Entfernungen deutlich leſen kann, wovon die größere das Doppelte der kleinern iſt, ſo geſchehen eben ſo große Veränderungen in ihren Augen, als bei andern Perſonen, deren Augen vollkommen gut ſind, und die unter allen zwiſchenliegenden Entfernungen zwiſchen einer unendlichen und der größten von den zwei erſtern Entfernungen deutlich ſehen können. Aus der nämlichen Urſache kann eine kurzſichtige Perſon unter allen Entfernungen mit einem einfachen konkaven Glaſe von der erfarderlichen Figur deutlich ſehen: denn die Urſache der Kurzſichtigkeit iſt nicht ein Mangel an Kraft, um die Bildung des Auges zu verändern, ſondern weil die ganze Größe der Refraktionen für den Abſtand der Netzhaut von der Hornhaut zu groß iſt.

Wir können daher auch deutlich einſehen, warum unſre Augen ſo oft ermüden, wenn wir nach nahen Gegenſtänden ſehen; denn in dieſem Falle werden die Muskeln der Augen und das Ciliarband genöthiget eine beträchtliche Kraft anzuwenden, um den Augen die erforderliche Bildung zu geben, welche Kraft denn nach Verhältniß größer iſt, als der Gegenſtand näher iſt, und es daher beſchwerlich und mühſam ſeyn muß, wenn der Gegenſtand ſehr nahe iſt.

Wenn das Auge angeſtrengt auf einen Gegenſtand in einem beſtimmten Abſtande geheftet iſt, ſo kann es nicht

zugleich einen andern Gegenſtand deutlich ſehen; er ſey nun unter einem größern oder geringern Abſtande, ſo erſcheint er undeutlich und unvollkommen, bis das Auge ſich für den Abſtand eingerichtet hat, in welchem der Gegenſtand liegt.

Von der Pupille des Auges und ihren Bewegungen.

Als wir von dem Baue des Auges handelten, haben wir zugleich gezeigt, daß die Traubenhaut eine kleine runde Oefnung hat, die ſich beinahe in der Mitte befindet, und die Pupille genannt wird, wodurch die Strahlen alle gehen müſſen, ehe ſie auf den Grund des Auges kommen, und die Bilder der Gegenſtände auf der Netzhaut abmahlen können. Auf dieſe verſchiedenen Eigenſchaften dieſes Theils des Auges muß der Käufer von Brillen Rückſicht nehmen, denn nach dem Zuſtande und der Oefnung der Pupille richtet ſich hauptſächlich der erforderliche Grad der vergrößernden Kraft.

Die Größe der Pupille ſteht mit den Abſichten des Sehens, und der Empfänglichkeit der Netzhaut im vollkommenſten Verhältniß. Wäre ſie zu groß, ſo würde die Netzhaut ermüdet werden, und von der großen Menge Licht Schaden leiden. Daher geſchieht es denn, daß diejenigen Kreaturen das Tageslicht nicht ertragen können, welche, um ihre Nahrung zur Nachtzeit zu ſuchen, und darnach auszugehen, eine ſehr große Pupille haben. Wäre ferner dieſe Oefnung viel größer geweſen als ſie wirklich iſt, ſo würde das Auge nicht eine finſtere Zelle geweſen ſeyn, und es würde ſo viel beigängiges Licht Zugang gefunden haben, daß dadurch das Bild auf der Netzhaut dunkel und undeutlich geworden wäre: denn ſo wie in der

Kamera obſkura die Bilder am lebhafteſten und vollkommenſten ausfallen, wenn alles Licht davon abgehalten wird, und nur das einfallen kann, was von dem Gegenſtande ſelbſt kommt, und zu Erzeugung des Bildes dient, ſo iſt es auch der Fall mit unſern Augen; das Bild auf der Netzhaut iſt am vollkommenſten, wenn alles fremde Licht ausgeſchloſſen wird, und keines ſich mit dem Bilde vermiſcht, als nur das, was zu deſſen Erzeugung erforderlich iſt.

Wäre im Gegentheil die Pupille ſehr klein geweſen, ſo würde ſie keine hinreichende Menge Licht zugelaſſen haben; der Eindruck auf die Netzhaut würde nur ſchwach, und das Bild blaß und dunkel geweſen ſeyn. Wenn die Pupille ſehr klein iſt, ſo ſind konvexe Gläſer erforderlich, um die Menge des Lichts zu vermehren.

Alle Thiere haben ein Vermögen, die Pupille ihrer Augen zuſammenzuziehen und zu erweitern. Der natürliche Zuſtand ſcheint derjenige der Erweiterung zu ſeyn, dahingegen Zuſammenziehung derſelben mehr einen gewaltſamen Zuſtand anzeigt, der durch eine Kraft erzeugt wird, die aus der Seele entſpringt. Wenn das Licht zu ſtark, oder der Gegenſtand zu helle iſt, ſo ziehen wir die Pupille zuſammen, um denjenigen Theil des Lichts aufzufangen, welcher das Auge beleidigen würde; allein iſt das Licht zu ſchwach, ſo erweitern wir die Pupille, damit mehr Licht in das Auge treten könne. Wenn eine Perſon gegen die Sonne ſieht, ſo werden die Pupillen außerordentlich klein; ſo wie ſie aber ihre Augen von dem Lichte wegwendet, und nach und nach in einen dunkeln Ort kommt, erweitert ſich die Pupille nach Verhältniß als das Licht immer bläſſer und dunkler wird.

Noch giebt es aber auch verſchiedene Umſtände, welche ein Zuſammenziehen der Pupille verurſachen, z. B.

wenn der Gegenſtand dem Auge näher iſt, als die Gränzen zum deutlichen Sehen: denn in dieſem Falle werden die Strahlenbüſchel, welche von dem Objekte ausfahren, zu divergirend, um auf den entſprechenden Punkten auf der Netzhaut vereiniget zu werden; dahingegen durch Zuſammenziehung der Pupille viele Strahlen ausgeſchloſſen werden, ſo daß das Bild jetzt deutlicher erſcheint. In dieſer Rückſicht gewöhnen ſich viele kurzſichtige Perſonen an, beim Leſen ihre Augenbraunen zu runzeln, eine Gewohnheit, welche bei Anwendung konkaver Brillen wegfiele.

Dr. Jurin hat gezeigt, daß die Zuſammenziehung der Pupille überhaupt mehr von der Stärke des Lichts abhängt als von der Empfindung einer Undeutlichkeit in dem Gegenſtande. Man laſſe eine Perſon bei Tage ein Buch nehmen, und beinahe in der Mitte eines Zimmers ſtehen, mit dem Rücken gegen das Licht gewendet, und alsdann das Buch ſo nahe halten, daß die Buchſtaben undeutlich erſcheinen, indeſſen aber doch nicht ſo ſehr, daß ſie nicht geleſen werden könnten, ſondern daß dieß blos mit einiger Schwierigkeit verbunden ſey; wendet man ſich nun gegen das Licht, ſo wird man mit ungleich mehr Leichtigkeit leſen können. Hält man nun ferner das Buch unter dem nämlichen Abſtande, geht damit in den dunkelſten Theil des Zimmers, und ſteht mit dem Rücken gegen das Licht, ſo wird man gar nicht zu leſen im Stande ſeyn: dahingegen ſo wie man gegen das Fenſter kommt, und das Geſicht gegen das Licht kehrt, man mit aller Leichtigkeit und Deutlichkeit wird leſen können. Eine Perſon, die ſich ſeit verſchiedenen Jahren bereits der Brille bedient hat, wird im Sonnenſcheine ohne dieſelbe leſen können.

Wenn wir einige Zeitlang an einem ſehr erleuchteten Orte geweſen ſind, oder wenn das Auge zu lange einem glänzenden Gegenſtande ausgeſetzt worden, und alsdann auf Gegenſtände ſieht, welche es weniger ſind, oder man geht an einen dunklern Ort, ſo wird das Geſicht eine Zeit-

lang geblendet ſeyn, ſo daß das Auge jetzt nicht im Stande iſt, ſeine gehörigen Funktionen zu verrichten. Das nämliche geſchieht unter entgegengeſetzten Umſtänden, wenn wir von einem blaſſen Lichte in ein ungleich helleres gehen; in jedem Falle hat die Pupille nicht Zeit genug, ſich zu der plötzlichen aber nothwendigen Veränderung einzurichten, um unter dieſen neuen Umſtänden deutlich zu ſehen. Dies ſagen Porterfield und verſchiedene ändre; allein nach andern Verſuchen wird die Pupille niemals ſo zuſammengezogen, wie in dem Falle, wenn man plötzlich aus einem blaſſen in ein helles Licht geht; das Zuſammenziehen geſchiehet augenblicklich. Die Wirkungen alſo, von denen bereits geſprochen worden iſt, müſſen auf verſchiedene Zuſtände der Empfindlichkeit der Netzhaut bezogen werden. Wir können hieraus ſchließen, daß ſehr dunkle Schatten um ein Licht, anſtatt das Auge zu ſichern und zu ſchützen, ihm nothwendig nachtheilig ſeyn müſſen. Ein mäßiger Grad von Dunkelheit in dem Schatten z. B. ein ſtarkes Papier kann indeſſen dadurch, daß der Grad des Lichts geſchwächt wird, den Augen nützlich werden, welche entzündet ſind, oder Neigung zur Entzündung haben.

Es giebt eine Art von Sympathie oder Uebereinſtimmung in der Bewegung der Pupillen beider Augen, ſo daß wenn eine ſich zuſammenzieht, auch die andere zuſammengezogen wird; und ſo wenn eine erweitert wird, ſich auch die andre erweitert, obſchon weder Erweiterung noch Zuſammenziehung gleich ſind. Nach Porterfield ſind daher verſchiedene grobe Verſehen entſtanden, und viele gefährliche Irrthümer von Okuliſten begangen worden, daß ſie auf dieſes Grundgeſetz in Rückſicht der Pupille nicht Acht gegeben haben.

Vermöge dieſer ausdehnenden und zuſammenziehenden Kraft des Auges ſehen wir, warum das Auge am beſten ſieht, wenn es rund umher finſter iſt; denn die

Pupille richtet ſich vermöge der Erweiterung derſelben ſo viel als möglich nach der Menge des Lichts, und erweitert ſich beträchtlich, wenn das Auge im Finſtern iſt, daher denn unter gleichen Umſtänden Gegenſtände am hellſten geſehen werden, wenn die Pupille am meiſten erweitert iſt. Außerdem iſt, wenn das Auge ſich im Finſtern befindet, das Bild auf der Netzhaut weder undeutlich, noch durch beigängige Strahlen geſtört: daher denn diejenigen, welche in einem ſehr hellen Lichte ſich befinden, und nöthig haben, einen entfernten Gegenſtand genau zu unterſcheiden, entweder die Augenbraunen niederdrükken, oder die Hand gegen den Vordertheil des Geſichts halten; daher auch eine Perſon, wenn ſie ſich ſelbſt ins Finſtre ſtellt, und ein langes Rohr anwendet, eine Art von Teleſkop macht, was eine größere Wirkung erzeugt, als man anfangs vermuthen ſollte: zufolge dieſes Grundſatzes geſchahe es denn auch, daß ſich die Alten tiefer Gruben bedienten, um die Sterne bei Tage zu ſehen. Eben ſo ſehen wir auch hieraus, warum eine Perſon innerhalb einem Zimmer die Gegenſtände außerhalb demſelbe ſehen kann, indeß diejenigen, welche außerhalb ſich befinden, die Gegenſtände nicht ſehen können, welche innerhalb demſelben ſind, denn wenn wir außerhalb dem Zimmer ſind, wird die Pupille zuſammen gezogen, und blos ein geringer Theil des Lichts, welcher von den Objekten innerhalb dem Zimmer reflektirt wird, kann bis zur Netzhaut gelangen, indeß hingegen diejenigen innerhalb dem Zimmer ihre Pupille erweitert haben, ſo wie überdies die Gegenſtände außerhalb ſtärker noch erleuchtet ſind, und dann auch noch ferner ihr Blick auf die Objekte durch die Reflexion der Fenſterſcheiben nicht ſo ſehr gehindert wird.

Es iſt erſtaunend, wie ſehr ſich das Auge ſelbſt an Finſterniß gewöhnen, und von einer düſteren Lage Vor-

theil ziehen kann. Wenn man zuerſt aus dem Lichte kommt, und in ein finſteres Zimmer geht, verſchwindet alles; oder wird ja noch etwas geſehen, ſo ſind es blos die übrigbleibenden Radiationen, welche in dem Auge noch fortdauern; allein nach einer ſehr kurzen Zeit zieht das Auge Vortheile von dem geringſten Strahle, welches durch folgende ſonderbare Nachricht, wie ſie Herr Boyle erzählt, beſtätiget wird. Zur Zeit Karls I. mußte ein Edelmann, welcher ſeines würdigen Herrn Unglück theilte, entfliehen; in Madrid, wo er ſeinem Könige einen ausgezeichneten Dienſt leiſten wollte, wurde er in ein finſteres und ſchreckliches Loch geworfen, wohin kein Licht Zutritt fand, und welches keine Oefnung hatte, als oberhalb ein Loch, vermittelſt welchem der Kerkermeiſter ihm Nahrung herabließ, ſolches ſogleich aber wieder verſchloß. Der unglückliche Loyaliſte verlebte ſo einige Wochen in dieſem finſtern Loche ganz ohne allen Troſt; allein endlich däuchte ihm, daß er irgend den Schimmer eines Lichts ſähe; dieſer Lichtſchimmer vermehrte ſich von Tage zu Tage, ſo daß er nicht nur die Theile ſeines Bettes, und andere ähnliche große Gegenſtände ſehen konnte, ſondern er ward auch endlich die Mäuſe gewahr, die ſich in ſeinem Kerker einfanden, um die Krumen zu freſſen, welche auf den Boden fielen. Als er wieder in Freiheit geſetzt ward, ſo konnte er es einige Tage lang nicht wagen, ſeine Zelle zu verlaſſen, damit die Helligkeit des Lichts ihn nicht blind machte, ſondern er war genöthiget, ſeine Augen nur langſam und nach und nach an das Licht des Tages wieder zu gewöhnen.

Vom unvollkommnen Sehen.

Es iſt kein Zweig von Kenntniß, von dem es zweckmäßiger und angemeſſener wäre, daß eine allgemeine Ueberſicht verbreitet würde, als derjenige Theil, welcher von den verſchiedenen Unvollkommenheiten des Geſichts und den Hülfsmitteln dagegen handelt. Um einem Organe aufzuhelfen, welches die Quelle des reinſten Vergnügens iſt, iſt gewiß ein wünſchenswerther Gegenſtand; diejenigen in Stand zu ſetzen, welche Beihülfe nöthig haben, zu beſtimmen, ob Brillen vortheilhaft oder ſchädlich ſind, und welche Art ihrem Geſichte am meiſten entſpricht, und ſolchemnach diejenigen zu unterrichten, welche ſich bereits der Gläſer bedienen, damit ſie einſehen lernen, ob diejenigen, die ſie gewählt haben, um der Unvollkommenheit ihres Geſichts abzuhelfen, angemeſſen ſind, oder nicht vielmehr ihr Uebel verſchlimmern, und ihre Augen noch mehr ſchwächen; alles dies ſind Gegenſtände, die der nähern Betrachtung eines jeden Individuum werth ſind, ſo wie ſie denn auch den hauptſächlichſten Theil der noch übrigen Vorleſung ausmachen ſollen: in dieſer Abſicht werde ich zuerſt erklären, was ich unter Unvollkommenheit des Geſichts verſtehe.

Das Geſicht iſt relativ unvollkommen, wenn wir Gegenſtände bei gewöhnlichem Lichte nicht deutlich ſehen können, oder überhaupt unter den gewöhnlichen Entfernungen, unter denen ſie von einem Auge im vollkommnen Zuſtande geſehen werden können.

In dieſem Verſtande ſagt man ſowohl von einem Weit- als Kurzſichtigen, daß er ein unvollkommnes Geſicht habe. Der Kurzſichtige ſieht entfernte Gegenſtände undeutlich, deutlich hingegen diejenigen, welche nahe liegen; ihr Geſicht iſt daher mangelhaft in Rückſicht entfernter Gegenſtände: hingegen ſieht der Weitſichtige ent-

fernte Gegenſtände deutlich, und nahe Gegenſtände undeutlich.

Ein unvollkommnes Geſicht entſteht durch eine Undeutlichkeit des Bildes, welches auf der Netzhaut entworfen wird; dies geſchieht, wenn alle Strahlen, die von irgend einem Punkte eines Gegenſtands kommen, nicht wieder in einen Punkt vereinigt werden, ſondern auf verſchiedene Punkte der Netzhaut fallen: oder wenn verſchiedene Lichtbüſchel von verſchiedenen Punkten eines Gegenſtands auf einem Punkt des Bildes ſich endigen. Dieſe Art von Undeutlichkeit findet ſowohl bei weit- als kurzſichtigen Augen Statt.

Von alten oder weitſichtigen Augen.

Diejenigen Umſtände auseinander zu ſetzen, die überhaupt Merkmale des herannahenden Alters und einer partialen Schwäche ſind, iſt immer unangenehm, und würde auch ganz unnöthig ſeyn, wenn es nicht zu gleicher Zeit das Mittel wäre, die Unvollkommenheiten zu mindern, die dieſe Stufen des Lebens begleiten.

Von den weitſichtigen Augen werden entfernte Gegenſtände deutlich, nahe hingegen undeutlich geſehen; und nach Verhältniß als dieſer Fehler wächſt, werden die nähern Gegenſtände immer mehr undeutlich, bis man es endlich ganz unmöglich findet, eine gewöhnlich gedruckte Schrift ohne Beihülfe zu leſen. Ein unvollkommnes und undeutliches Bild wird auf der Netzhaut gebildet, weil die Lichtſtrahlen, welche von den verſchiedenen Punkten eines Gegenſtands kommen, bei einem gewöhnlichen Abſtande nicht hinreichend mehr refraktirt werden, und daher nicht auf die Netzhaut, ſondern hinter derſelben fallen.

Die Urſachen ſind verſchiedentlich, welche dieſen Fehler erzeugen können; wenn die Konvexität der Hornhaut vermindert wird, oder wenn eine Seite der Kriſtallinſe flacher wird, ſo äußert ſich dann dieſe Wirkung; wenn die Netzhaut nicht hinreichend von der Hornhaut oder Kriſtallinſe entfernt iſt, oder wenn die Netzhaut der Hornhaut oder Kriſtallinſe zu nahe iſt, ſo wird dieß den nämlichen Fehler verurſachen, ſo wie denn auch eine minder refraktirende Kraft in den durchſichtigen Theilen des Auges entſteht. Auf gleiche Art wird eine zu große Nähe der Gegenſtände machen, daß die Strahlen ſich erſt hinter der Netzhaut vereinigen; indeſſen wenn alle dieſe Urſachen zuſammentreffen, ſo wird freilich die Wirkung um deſto ſtärker ſeyn. Dieſer Fehler wird eigentlich allgemein dem Vertrocknen der Feuchtigkeiten des Auges zugeſchrieben, wodurch es geſchieht, daß die Hornhaut und Kriſtallinſe ihre urſprüngliche Konvexität verlieren und flacher werden; die nämliche Urſache bringt dann auch die Netzhaut der Hornhaut zu nahe.

Von einer oder der andern dieſer Urſachen werden diejenigen, welche in ihrer Jugend gewohnt waren, eine gewöhnlich gedruckte Schrift in einem Abſtande von 12 bis 14 Zoll von ihren Augen zu leſen, genöthiget, das Buch um 2 bis 3 Fuß weit zu entfernen, ehe ſie die Buchſtaben deutlich ſehen können, um ſo ohne Anſtrengung zu leſen. Indeſſen nach Verhältniß als der Gegenſtand von dem Auge entfernt wird, wird auch das Bild davon auf der Netzhaut kleiner, und folglich werden kleine Gegenſtände nicht immer unter dieſem Abſtande zu bemerken ſeyn, unter welchem diejenigen in dieſem Zuſtande es nothwendig finden, ſie zu entfernen, um irgend einen Grad von deutlichem Sehen zu erlangen: je weiter daher der Gegenſtand entfernt wird, deſto weniger Licht wird zu dem Auge gelangen, und das Bild wird dem zufolge bläſſer werden.

Daher bedürfen denn diejenigen, welche weitſichtig ſind, mehr Licht, um deutlich leſen zu können, als ſie nöthig hatten, da ihre Augen in ihrem vollkommnen Zuſtande ſich befanden, und dies nicht blos, weil ſie genöthiget ſind, das Buch unter einem größern Abſtande zu entfernen, ſondern weil die Pupille ihres Auges kleiner wird, und daher eine größere Intenſität des Lichts erforderlich iſt, um einen hinreichenden Eindruck auf die Netzhaut zu bewirken, und ſo den Mangel durch einen ſtärkern Glanz und Erleuchtung des Gegenſtands zu erſetzen.

Zunehmende Jahre haben einen natürlichen Hang dieſen Fehler zu bewirken, und zwar früher bei denjenigen, welche den wenigſten Gebrauch von ihren Augen in ihrer Jugend gemacht haben; indeſſen welche Sorgfalt man auch auf das Geſicht verwendet haben dürfte, ſo können jedoch die Hinfälligkeiten der Natur nicht verhindert werden: die Feuchtigkeiten des Auges werden ſich allmählich verlieren und abnehmen, die refraktirenden Häute werden flacher werden, ſo wie die übrigen Theile des Auges zugleich ſteifer und weniger biegſam werden: ſolchergeſtalt wird denn die Weite und der Umfang des deutlichen Sehens vermindert werden, ſo wie es auch ſehr wahrſcheinlich iſt, daß die Netzhaut und der Geſichtsnerve einen Theil ihrer Empfindlichkeit verlieren.

Ob es nun aber ſchon in dem allgemeinen Laufe der Natur liegt, daß dieſer Fehler ſich mit den Jahren vermehren müſſe, ſo finden wir jedoch Beiſpiele in Menge von ſolchen Perſonen, die ihr Geſicht im höchſten Alter wieder erlangt haben, und ſonach im Stande geweſen ſind, alle Gläſer wegzulegen, und ohne alle künſtliche Beihülfe gemächlich zu leſen und zu ſchreiben. Unter vielen Urſachen, welche eine ſolche Wirkung zu erzeugen im Stande ſind, iſt es ſehr wahrſcheinlich, daß es allgemein von einer Verminderung des Fetts auf dem

Boden der Augenhöhle entſteht; wenn nämlich der Druck in dieſem Theile aufhört, ſo breitet ſich das Auge gewiſſermaßen in eine ovale Form aus, und die Netzhaut zieht ſich bis zu dem erforderlichen Fokalabſtande von der Kriſtallinſe zurück.

Es iſt eine ſichere und beſonders wichtige Thatſache, daß Langſichtigkeit erlangt werden kann; denn Landleute, Matroſen, und ſolche, welche gewohnt ſind auf entfernte Gegenſtände zu ſehen, ſind insgemein weitſichtig, haben am früheſten Brillen nothwendig, und brauchen die ſtärkſten Vergrößerungen: hingegen der bei weiten größere Theil kurzſichtiger Perſonen wird unter Studierenden gefunden, ſo wie unter ſolchen Künſtlern, welche täglich mit kleinen und nahen Gegenſtänden umgehen; jedermann wird mit derjenigen Art des Sehens vertraut, die ihm in ſeinem eigenen Stande und Lebensart am gewöhnlichſten iſt: ſo ſieht der Miniaturmaler und Kupferſtecher nahe Gegenſtände deutlicher als ein Seefahrer, dahingegen der Seefahrer entfernte Gegenſtände beſſer ſieht als jene, indem das Auge in beiden Fällen ſich bemüht, diejenige Bildung zu erhalten, woran es am meiſten gewöhnt iſt. In den Augen ſowohl als in andern Theilen des Körpers werden die Muskeln durch anhaltende Uebung in Stand geſetzt, mit mehr Leichtigkeit und Kraft zu wirken, dahingegen ſie durch Mißbrauch geſchwächt werden; auch die elaſtiſchen Theile, wenn ſie zu lange ausgeſtreckt erhalten werden, verlieren einen Theil ihrer Elaſticität, indeß ſie dagegen, wenn man ſie ſelten übt, ſteif werden und ſich ſchwer ausdehnen. Schon hieraus läßt ſich zum Theil lernen, wie man ſeine Augen erhalten könne; wenn man ſie nämlich gewöhnt, gelegentlich ſowohl nach nahen als nach entfernten Gegenſtänden zu ſehen, ſo können wir ſie länger in ihrem vollkommnen Zuſtande erhalten, und ſo den Gebrauch der Brillen auf lange Jahre hinaus verſchie-

ben; aber wir können auch aus dem, was bereits darüber geſagt worden, ſchließen, daß es alsdann immer gefährlich iſt, wenn die Augen weitſichtig geworden, den Gebrauch der Brillen zu lange Zeit aufzuſchieben, oder ſich ſolcher zu bedienen, welche zu ſtark vergrößern, da wir durch beiderlei Verfahren das Auge immer mehr flacher machen können, ſo daß wir endlich ganz der Wohlthaten des freien Geſichts entbehren müſſen. Es wird hier nicht unzweckmäßig ſeyn zu bemerken, daß das weitſichtige Auge leichter von einem zu großen Grade des Lichts verletzt werden kann, als ſolche, welche kurzſichtig ſind.

Gegenſtände, welche den Weitſichtigen dunkel erſcheinen, werden deutlicher, wenn ſie durch eine kleine Oefnung ſehen, die man etwa vermittelſt einer Nadel durch ein Kartenblatt gemacht hat, weil dadurch diejenigen divergirenden Strahlen abgehalten werden, welche die Hauptquelle der Undeutlichkeit ſind; allein da zu gleicher Zeit dadurch ein beträchtlicher Antheil an Licht verloren geht, ſo iſt dieſes denn ſolchergeſtalt auch kein paſſendes Hülfsmittel. Die beſte Erleichterung, die ſolche Perſonen erlangen können, iſt durch konvexe Gläſer, denn durch dieſe werden die Lichtſtrahlen, welche von dem Gegenſtande ausgehen, ſolchergeſtalt refraktirt, daß ſie auf die nämliche Art auf die Netzhaut fallen, als ob ſie von einem entfernten Punkte kämen. Brillen verſchaffen doppelte Vortheile, denn ſie machen nicht nur das Bild der Gegenſtände deutlich auf der Netzhaut, ſondern zu gleicher Zeit auch ſtark und lebhaft.

Von Brillen.

Brillen verſchaffen uns einen der ädelſten und ſchätzbarſten unſerer Sinne wieder; ſie ſetzen den Mechanikus in Stand, ſeine Bemühungen fortzuſetzen, und durch

ſeiner Hände Arbeit bis ins hohe Alter Nahrung zu erhalten. Durch ihren Beiſtand verfolgt der Gelehrte ſeine Studien, und ergötzt ſeine Seele mit intellektuellen Vergnügungen, ſo daß er Tage und Jahre in Frohſinn und Zufriedenheit hinbringt, die ihm außerdem unter Melancholie entriſſen worden, oder die er im Müßiggange zugebracht hätte.

Da Brillen die Abſicht haben, den Fehlern des Geſichts abzuhelfen, ſo iſt der Wunſch ſehr natürlich, daß die Materialien, woraus ſie gemacht werden, ſo vollkommen als das Auge ſelbſt ſeyn möchten; allein freilich iſt dieſer Wunſch vergeblich; denn die Materialien, deren wir uns bedienen, ſind wie jede menſchliche Sache, unvollkommen, und doch können wir uns glücklich ſchätzen, daß wir im Glaſe ein die Feuchtigkeiten des Auges vertretendes Mittel haben, eine Subſtanz, die dem hinfälligen Alter neue Augen gewährt, und die Ausſichten der Natur erweitert. Die zwei vorzüglichſten Fehler ſind, ſchwache Fäden oder Adern im Glaſe und kleine Flecke. Die Fäden ſind in Rückſicht des Sehens die nachtheiligſten, weil ſie die Lichtſtrahlen unregelmäßig brechen, und ſolchergeſtalt den Gegenſtand verzerren, und das Auge ermüden, dahingegen die Flecke die Menge des Lichts ſchwächen, welches immer nur in einem geringen Grade geſchieht.

Allgemeine Regeln für die Wahl von Brillen.

Die allgemeinſte und vielleicht die beſte Regel, welche denjenigen gegeben werden kann, die des Beiſtands von Gläſern benöthigt ſind, um ſolchergeſtalt ihre Brillen zu wählen, daß ſie dem Zuſtande ihrer Augen angemeſſen ſind, iſt, daß ſie diejenigen vorziehen, welche die Gegenſtände ihrem natürlichen Zuſtande am nächſten, we-

der vergrößert noch verkleinert zeigen, wenn die Gläſer dem Auge nahe ſind, und daß ſie den Buchſtaben eines Buchs eine Schwärze mittheilen, die weder das Auge ermüdet, noch irgend eine unnatürliche Anſtrengung der Pupille verurſacht.

Denn von keiner Brille kann geſagt werden, daß ſie eigentlich dem Auge angemeſſen ſey, die ihm nicht Gemächlichkeit und Ruhe gebe; wenn ſie die Augen ermüdet, ſo können wir ſicher ſchließen, daß wir ihr entweder nicht bedürfen, oder daß ſie ſchlecht gemacht, oder unſerm Geſicht nicht angemeſſen ſey.

Obſchon bei der Wahl der Brillen jedermann endlich ſelbſt für ſich beſtimmen muß, welches die Gläſer ſind, durch welche er am deutlichſten ſieht, ſo muß man doch immer einiges Zutrauen in das Urtheil des Künſtlers ſetzen, von dem man ſie kauft, und gegen ſeine nähern Anweiſungen Achtung bezeigen.

Regeln zur Erhaltung des Geſichts.

Ob es ſchon unmöglich iſt, die Abnahme des Geſichts zu verhüten, es ſey nun wegen Alter, oder aus beſondern Krankheiten, ſo kann doch durch Klugheit und gehörige Behandlung der natürliche Mangel deſſelben ſicher verzögert, und die Augen geſtärkt werden, wenn wir auf folgende Grundſätze die gehörige Aufmerkſamkeit verwenden wollen.

1) Man verweile niemals eine zu lange Zeit in gänzlicher Finſterniß, oder ſetze ſich dem vollen Lichtſtrome aus. Die Urſachen, worauf ſich dieſe Regel gründet, beweiſen die Unſchicklichkeit, zu geſchwind aus einem Extrem in das andere überzugehen, es ſey nun Finſterniß oder Licht, und

zeigen uns, daß eine Lage gegen Süd denjenigen keines-
weges dienlich iſt, deren Geſicht ſchwach und zart iſt.

2) Man vermeide das Leſen einer kleinen Schrift.

3) Man vermeide das Leſen in der Düſternheit, und
wenn die Augen leiden, beym Lichte. Glücklich ſind die-
jenigen, welche auf dieſe Lehre frühzeitig Rückſicht neh-
men, und anfangen ihr Geſicht zu ſchonen, ehe ſie
durch Ermattung an die Nothwendigkeit ſich erinnern
laſſen, ſeiner zu ſchonen; eine Vernachläſſigung von ei-
ner Viertelſtunde des Abends hat einer große Menge den
vollkommnen und ruhigen Gebrauch ihrer Augen auf viele
Jahre hinaus geraubt: das Unglück ereignet ſich unmerk-
lich, und die Folgen ſind unvermeidlich.

4) Man muß das Auge niemals auf glänzende Ge-
genſtände heften, beſonders beim erſten Erwachen am
Morgen; ſo muß die Sonne nie zu dieſer Zeit in das
Zimmer ſcheinen, ſondern man muß blos eine mäßige
Menge Licht geſtatten. Es iſt leicht einzuſehen, daß aus
eben dieſen Urſachen die Bettvorhänge niemals ganz weiß
oder roth ſeyn ſollte; in der That werden diejenigen, deren
Augen ſchwach ſind, beträchtliche Vortheile genießen, wenn
ſie ihr Schlafzimmer grün anſtreichen laſſen. Die Natur
ſelbſt beſtätigt dieſen guten Rath, den dieſe Regel giebt:
denn das Licht des Tages nähert ſich blos allmählich, ſo
wie denn auch Grün die allgemeine Farbe iſt, die ſie
unſerm Auge darbietet.

5) Der Weitſichtige muß ſich gewöhnen, vielmehr
bei wenigerm Lichte zu leſen, und dem Auge etwas näher,
als er eigentlich bedarf, indeß der Kurzſichtige ſich viel-
mehr angewöhnen muß, ſo weit ab zu leſen als möglich
iſt. Auf dieſe Art werden beide ihr Geſicht verbeſſern und
ſtärken, indeß im entgegengeſetzten Falle ihr natürliches
Unvermögen vermehrt wird.

Es giebt nichts, was das Geſicht länger erhält, als ſowohl beim Leſen als Schreiben ſich desjenigen mäßigen Grades des Lichts zu bedienen, welches dem Auge am angemeſſenſten iſt; zu wenig Licht ermüdet, eine zu große Menge hingegen blendet. Die Augen werden beim Mangel des Lichts weniger Schaden leiden, als bei zu großem Ueberfluß deſſelben; zu wenig Licht ſchadet niemals, wofern man ſich nicht ermüdet, daß man nach Gegenſtänden ſieht, die den erforderlichen Grad von Licht nicht haben; dahingegen eine zu große Menge vermöge ſeiner eigenen Stärke das Geſicht beſchädiget. So haben ſich viele den Staar ſelbſt zugezogen, weil ſie öfters in die Sonne oder ins Feuer geſehen; andere haben ihr Geſicht verloren, weil ſie ſich plötzlich aus der Finſterniß ins freie Licht verſetzt haben. Wie gefährlich dem Geſichte der Anblick glänzender Gegenſtände iſt, ſieht man aus den Wirkungen in denjenigen Ländern, die den größten Theil des Jahrs über mit Schnee bedeckt ſind, wo die Blindheit überhaupt allgemein, und wo der Reiſende genöthiget iſt, ſeine Augen mit einem Flor zu bedecken, um die gefährlichen und nicht ſelten plötzlichen Wirkungen von zu vielem Lichte zu verhindern: ſelbſt der rohe Wilde ſucht die Gefahr dadurch zu vermeiden, daß er ſich eines ſchwachen hölzernen Gatterwerks vor ſeinen Augen bedient, das nur zwei enge Oeffnungen hat. Ein augenblickliches Sehen in die Sonne wird ſchon auf einige Zeit die Augen zum Sehen unvermögend, und für alle Eindrücke der milden Natur unempfänglich machen.

Folgende Fälle, die ich aus einer kleinen Abhandlung über den Bau des Auges entlehne, ſind für gegenwärtige Betrachtungen ſo anwendbar, daß ich hoffentlich nicht erſt um Entſchuldigung bitten darf, wenn ich ſie hier einrücke, da die Anwendung, welche hoffentlich diejenigen davon machen können, deren Beſchwerden aus den nämlichen

oder aus ähnlichen Urſachen entſpringen, mich gewiß mehr als hinreichend rechtfertiget.

„Eine Dame von Lande, welche in die Stadt kam, und in St. James Square wohnen wollte, wurde mit Augenſchmerzen und einem Verfall des Geſichts angegriffen. Sie konnte nicht auf die Steine ſehen, wenn die Sonne darauf ſchien, ohne nicht zugleich große Schmerzen zu leiden. Das was ſie als eins der Symptome ihrer Krankheit hielt, war auch die wahre Urſache derſelben. Ihre Augen, welche an das Grüne auf dem Lande und des Feldes um ihre Wohnung herum gewöhnt waren, konnten den ſtarken und unnatürlichen Glanz des Lichts nicht ertragen, der von den Steinen reflektirt wurde. Man rieth ihr dann, eine Menge kleiner Orangenbäume vor ihre Fenſter zu ſetzen, ſo daß ihre Kronen das Pflaſter zu ſehen verhinderten, und ſo in einer Linie mit dem Graſe ſtünden. Vermöge dieſer einfachen Veränderung in dem Lichte wurde ſie auch merklich ohne Beihülfe aller Arzenei wieder hergeſtellt, ohnerachtet ihre Augen vorher wenig von der Blindheit entfernt waren."

„Ein Rechtsgelehrter hatte ſeine Wohnung in Pallmall auf der Nordſeite, allein ſeine vordern Fenſter waren der vollen Mittagsſonne ausgeſetzt, indeß der hintere Theil des Zimmers nur ein kleines Fenſter in einen kleinen engen Hof hatte, der mit hohen Mauern umgeben, und ſehr dunkel war; er ſchrieb in dem hintern Zimmer, und pflegte dann in das vordere Zimmer zum Frühſtück u. ſ. f. zu kommen: zugleich wurde ſein Geſicht ſchwächer, und er fühlte eine beſtändige Pein in ſeinen Augäpfeln; er verſuchte Augengläſer, und ſprach mit Okuliſten, allein alles vergeblich. Da er überzeugt wurde, daß die plötzliche Veränderung aus ſeinem düſtern Studierorte in den vollen Glanz des Sonnenſcheins, und zwar des Tags öfters, die wahre Urſache ſeiner Krankheit ſeyn dürfte, ſo bezog

er eine andre Wohnung, wo er nebſt dem, daß er das Schreiben bei Lichte vermied, bald wieder hergeſtellt wurde.“

Blindheit, oder wenigſtens große Schwäche des Geſichts entſteht nicht ſelten von dieſen unvermutheten Urſachen. Diejenigen, welche ſchwache Augen haben, ſollten daher beſonders auf ſolche Umſtände aufmerkſam ſeyn, da die Verhütung derſelben leicht iſt, indeß die Heilung ſchwer hält, und nicht ſelten ganz unmöglich wird.

Welche Sorgfalt indeſſen aber auch genommen werden dürfte, ſo nehmen doch, ohnerachtet aller Vorſicht der wir uns mit möglichſter Genauigkeit unterziehen, ſo wie wir zu Jahren kommen, unſre Kräfte allmählich ab, eine Wirkung, die wir insgemein zuerſt an den Organen des Geſichts bemerken. Abnahme des Geſichts iſt gleichwohl nicht ſchlechterdings ein unzertrennlicher Gefährte des Alters: denn es giebt viele, deren Geſicht in aller ſeiner Stärke aushält, bis ſie zu der höchſten Stuffe des Alters gelangen, indeß dagegen es von verſchiedenen Urſachen in der Jugend geſchwächt, oder durch innerliche Krankheiten verloren gehen kann. Auch iſt der Mangel weder bei verſchiedenen Perſonen von einerlei Alter, noch bei einerlei Perſonen unter verſchiedenen Jahren einerlei; bei einigen iſt der Mangel natürlich, bei andern zugezogen.

Von welchen Urſachen indeſſen aber auch dieſe Abnahme entſpringen dürfte, ſo wird doch eine aufmerkſame Beobachtung der folgenden Regeln jedermann in Stand ſetzen, in Rückſicht ſeiner ſelbſt zu urtheilen, in wie fern ſeinem Geſichte durch Anwendung der Brillen aufgeholfen, oder Beihülfe geleiſtet werden kann.

1. Wenn wir genöthiget werden, kleine Gegenſtände in beträchtlicher Entfernung von dem Auge zu halten, um deutlich zu ſehen.

2. Wenn wir es nothwendig finden, mehr Licht als ehedem anzuwenden; z. B. wenn wir ein Licht zwiſchen das Auge und den Gegenſtand ſetzen müſſen.

3. Wenn wir auf einen nahen Gegenſtand ſehen, und ihn aufmerkſam betrachten, und dieſer dunkel und mit einer Art von Nebel vor ihm erſcheint.

4. Wenn die Buchſtaben eines Buchs in einander laufen, und daher doppelt und dreifach erſcheinen.

5. Wenn die Augen durch eine geringe Uebung ſo ermüdet werden, daß wir genöthiget ſind, ſie von Zeit zu Zeit zu ſchließen, und ſie Erleichterung verſpüren, wenn man auf verſchiedene Gegenſtände ſieht.

Wenn alle dieſe Umſtände zuſammen kommen, oder irgend einer beſonders Statt hat, ſo wird es erforderlich ſeyn, Beihülfe von Gläſern zu ſuchen, welche jetzt den Augen aufhelfen, und in gewiſſem Grade ihre Neigung verhindern werden, flacher zu werden; dahingegen, wenn man dieſe Beihülfe verzögert, die Flachheit beträchtlich vermehrt, und die Augen durch die Anſtrengungen geſchwächt werden, denen man ſie ausſetzt.

Wir ſind nun nicht im Stande, über eine ſehr wichtige Frage zu entſcheiden, und zu ſagen, in wiefern man Brillen als Erhalter des Geſichts anſehen könne. Offenbar iſt es, daß ſie denjenigen als ſolche empfohlen werden können, deren Augen anfangen ſchwach zu werden, dahingegen es gewiß thöricht wäre, denjenigen den Gebrauch der Brillen anzurathen, welche keine der angeführten Unbequemlichkeiten fühlen, eben ſo wie es der Fall wäre, wenn man einem geſunden Menſchen Krücken geben wollte, um ſich fortzuhelfen. Allein diejenigen, welche dieſe Unbequemlichkeiten fühlen, ſollten dann aber auch unmittelbar Brillen nehmen, welche, indem ſie die-

ſelben in Stand ſetzen, Gegenſtände näher zu ſehen, und die Vereinigung der Lichtſtrahlen auf der Netzhaut zu erleichtern, das Geſicht unterſtützen und erhalten.

Von Augen, denen der Staar geſtochen worden.

Dieſe Vorleſungen ſind zwar keineswegs für die Krankheiten des Auges beſtimmt, da dieſe bereits von Männern beſchrieben und behandelt worden ſind, deren Geſchäfte ſie eigentlich ausmachen: indeſſen aber giebt es doch unter den verſchiedenen Krankheiten dieſes Organs eine, wo, nachdem der Wundarzt ſeine Patienten verlaſſen hat, Gläſer erforderlich ſind, um die Operation zu unterſtützen, und den operirten Perſonen den tröſtenden Anblick der Gegenſtände zu gewähren. Dieſe Krankheit iſt der Staar, eine Krankheit, welche die kriſtalliniſche Feuchtigkeit des Auges befällt. Wenn die Verfinſterung den höchſten Grad erreicht hat, ſo wird dieſe Feuchtigkeit ſo undurchſichtig, daß kaum noch ein Lichtſtrahl Zutritt erhält, und verhindert ſolchemnach alle gewöhnlichen Wirkungen, ſo daß kein Bild von irgend einem Gegenſtande entſtehen kann, obſchon die Netzhaut und die übrigen Organe des Geſichts in vollkommner Ordnung ſeyn können.

Die Urſache dieſer Krankheit wird ſelten erkannt. Man hat geglaubt, daß ſie von zu häufigem Sehen in die Sonne erzeugt werde, oder wenn man zu oft und zu lange in ein helles Feuer ſieht. In den frühern Perioden dieſer Krankheit glaubt man, daß ſie durch medeziniſche Mittel noch gehoben werden könne. Von den verſchiedenen Hülfsmitteln, deren man ſich zu dieſer Abſicht bedient hat, wird der elektriſche Strom von vielen als am vorzüglich-

ſten gehalten, weil dieſer beſonders ſtarke zertheilende Eigenſchaften beſitzt.

Baron Wenzel läugnet in ſeiner Abhandlung über den Staar, daß irgend ein Arzneimittel das Vermögen beſitze, die Verdunkelung der Kriſtallinſe zu heben. Herr Ware in ſeiner Ueberſetzung dieſes Werks pflichtet zwar der Beobachtung des Barons im allgemeinen bei, allein er fügt doch noch hinzu, daß unter ſeiner Aufſicht ſich viele Fälle ereignet haben, welche beweiſen, daß die Kräfte der Natur nicht ſelten zu dieſer Abſicht hinreichend ſind. Diejenigen Verdunkelungen insbeſondere, welche durch äußerliche Gewaltthätigkeiten entſtehen, hat er zu wiederholtenmalen innerhalb einem kurzen Zeitraume ſich zerſtreuen geſehen, wenn keine andern Theile des Auges Schaden genommen; überhaupt iſt in ſolchen Fällen die kriſtalliniſche Feuchtigkeit aufgelöſet worden, welches man daraus geſchloſſen, weil der Kranke nachgehends ſich mit vielem Nutzen tiefer konvexer Gläſer bedient hat. Da es alſo nicht an Beiſpielen fehlt, wo ein ohne Gewaltthätigkeit entſtandener Staar plötzlich zerſtreut worden iſt, nachdem zufälliger Weiſe heftig aufs Auge geſchlagen worden, ſo unterhält Herr Ware aus dieſen Gründen die Hofnung, daß in der Folge Mittel ausfindig gemacht werden dürften, wodurch eine verfinſterte Kriſtallinſe wieder durchſichtig gemacht werden kann, ohne irgend eine Operation dieſerwegen anzuſtellen. Die Hülfsmittel, welche Herrn Ware in ſolchen Fällen wirkſamer als andre geſchienen haben, ſind die Anwendung von ein oder zwei Tropfen Aether auf das Auge ſelbſt, deſſen man ſich in einem Tage ein bis zweimal bedienet, und das gelegentliche Reiben des Auges über dem Augenliede mit der Spitze des Fingers, die man zuvor mit einem ſchwachen flüchtigen oder merkurialiſchen Linimente angefeuchtet.

Bei der Operation eines ſolchen Auges wird entweder die Kriſtallinſe unter die Pupille niedergedrückt oder ausgezogen. Da nun die Dichtigkeit der gläſernen Feuchtigkeit, welche die Stelle der Kriſtallinſe erſetzt, geringer iſt, ſo werden die Strahlen des Lichts weniger refraktirt, und fallen nicht auf die Netzhaut, ſondern in einiger Entfernung hinter dieſelbe, das Geſicht wird daher unvollkommen ſeyn, wenn dem Auge nicht vermittelſt eines ſchicklichen konvexen Glaſes aufgeholfen wird. Bei Augen, denen der Staar geſtochen, ereignet ſich ein Umſtand, welcher deutlich und vollkommen beweiſt, daß die Veränderung, welche in unſern Augen geſchieht, um ſie für Entfernungen der Gegenſtände einzurichten, hauptſächlich der Kriſtallinſe zugeſchrieben werden müſſe. Dieſer Umſtand iſt, daß ein Brennpunkt ſelten hinreichend iſt, um diejenigen, welche dieſe Operation erlitten haben, in Stand zu ſetzen, Gegenſtände unter verſchiedenen Entfernungen zu ſehen. Sie müſſen daher gewöhnlich zweierlei Brillen haben, eine für nahe, und die andere für entfernte Gegenſtände. Die Brennpunkte, deren man ſich bedient, liegen zwiſchen 6 und $1\frac{1}{2}$ Zoll.

Es iſt nicht rathſam, ſich zu früh nach der Operation der Gläſer zu bedienen, denn da das Auge in einem geſchwächten Zuſtande ſich befindet, ſo ſind alle Anſtrengungen nicht nur unſchicklich, ſondern auch zugleich ſehr nachtheilig.

Von dem kurzſichtigen Auge.

Bei dieſem Fehler der Augen vereinigen ſich die Bilder der Gegenſtände unter einer gewöhnlichen Entfernung ehe ſie noch auf die Netzhaut kommen, ſo daß folglich die darauf gebildeten Bilder zerſtreut und undeutlich werden.

Dieſe Wirkung wird entweder vermöge einer zu großen Konvexität in der Hornhaut und Kriſtallinſe, oder durch eine zu ſtark refraktirende Kraft in den Feuchtigkeiten des Auges erzeugt, oder die Netzhaut kann zu entfernt liegen; oder ſie entſteht von einer Zuſammenkunft aller dieſer Umſtände zugleich.

Diejenigen, welche kurzſichtig ſind, können kleinere Gegenſtände und einen gegebenen kleinen Gegenſtand bei geringerm Lichte als andre Perſonen unterſcheiden: die Urſache davon iſt deutlich, denn je näher der Gegenſtand iſt, deſto mehr Licht geht durch die Pupille, und da es alſo dichter iſt, ſo iſt auch die Wirkung davon auf die Netzhaut ſtärker; daher der Kurzſichtige eine kleine Schrift bei Mondſchein oder in der Dämmerung leſen kann, wenn ein gewöhnliches Auge kaum einen Buchſtaben von dem andern unterſcheidet.

Bei einem ſtarken Lichte können ſolche Perſonen etwas weiter ſehen, als ſie bei ſchwachem Lichte zu thun vermögend ſind, indem die Stärke des Lichts macht, daß die Pupille ihrer Augen ſich zuſammenzieht, und ſolchergeſtalt in einem gewiſſen Grade die Undeutlichkeit der Gegenſtände vermieden wird. Zufolge eben dieſes Grundes ſchließen kurzſichtige Perſonen zum Theil ihre Augenlieder, daher ſie auch Myopen ehedem genannt wurden, indem ſie auf ſolche Art die Grundflächen der Strahlenbüſchel begränzen, die von den Punkten eines Gegenſtands ausfahren, und ſolchemnach den Zerſtreuungskreis verengen, und die Undeutlichkeit des Sehens vermindern: auch ſehen ſie daher Gegenſtände deutlicher durch eine kleine Oefnung, dergleichen etwa die Spitze einer Nadel in ein Papier gemacht hat.

Es iſt eine gewöhnliche Bemerkung, daß kurzſichtige Perſonen allgemein einen kleinen Druck dem größern vor-

ziehen, ſo wie ſie denn auch jederzeit eine kleine Hand ſchreiben; denn vermöge der Nähe werden die Buchſtaben vergrößert, und da ſie klein ſind, ſo faſſen ſie auf einen Blick eine größere Menge; ſie halten das Buch, welches ſie leſen, insgemein gegen die eine Seite geneigt, um dadurch einen größern Grad der Erleuchtung zu erhalten. Da ſie blos Objekte deutlich ſehen, welche nahe ſind, ſo ſind ſie genöthiget, unter einer ſtarken Anſtrengung der Seele die Axen der Augen zu konvergiren; da ihnen dieſes Mühe macht, ſo wenden ſie öfters ein Auge weg, und da dieſes ein doppeltes Sehen macht, ſo müſſen ſie ſie ſchließen. Wenn ſie ein Buch gerade gegen ihre Augen halten, ſo wird das Bild auf die Mitte der Netzhaut fallen, halten ſie es aber ſchief, ſo fällt es auf die Seite derſelben; nun iſt aber die Mitte der Netzhaut weiter von dem Vordertheile des Auges entfernt, als die Seite derſelben. Ob nun ſchon ſolchemnach das Bild dem Vordertheile des Auges ſo nahe iſt, daß es undeutlich wird, wenn es auf die Mitte fällt, ſo wird es doch deutlich, wenn es zur Seite fällt.

Da diejenigen, welche kurzſichtig ſind, die Bewegungen der Augen und ihre Aeußerungen nicht bemerken, ſo ſehen ſie ſelten aufmerkſam auf die Perſonen, mit denen ſie umgehen; zufolge dieſes Umſtandes nennt Plinius diejenigen, welche ſtark vorliegende Augen haben, Blödſinnige, nicht daß dieſer Fehler des Geſichts den Geiſt ſchwäche, oder die Kräfte der Seele vermindere, ſondern, da es ſie in Rückſicht der ſchnellen Mittheilungen hindert, die vermittelſt der Augen geſchehen, ſo ſchwächt es offenbar diejenige Lebhaftigkeit der Faſſung, die jederzeit mit einer thätigen Seele verbunden iſt.

Glücklicherweiſe können bei kurzſichtigen Perſonen die vornehmſten Unbequemlichkeiten ihres Geſichts durch den Gebrauch der konkaven Gläſer verbeſſert werden;

durch dieſe Beihülfe werden diejenigen, deren Sphäre des deutlichen Sehens ſich kaum über ihren Arm hinaus erſtreckt, in Stand geſetzt, hinreichend Gegenſtände unter einer beträchtlichen Entfernung zu unterſcheiden; die konkave Linſe bewirkt nämlich ein deutliches Sehen, indem die Strahlen mehr divergirt werden, und ſich auf der Netzhaut vereinigen, anſtatt daß ſie ſich ſonſt verbinden, ehe ſie noch den Grund des Auges erreichen.

In der Wahl der Gläſer für Kurzſichtige laſſen ſich keine Regeln geben; es iſt ein Fehler, welcher mit dem Alter keine Gemeinſchaft, und keinen beſtimmten Fortſchritt hat, der den Optiker zum Grunde einer nähern Beſtimmung führen könnte, oder irgend ein Glas einem andern vorzuziehen, alles muß hier von der Bemerkung der kurzſichtigen Perſonen ſelbſt abhängen, welche, indem ſie Gläſer von verſchiedener Konkavität verſuchen, bald ausfindig machen werden, von welchem ſie vortheilhafte Wirkungen verſpüren, und welche ein deutliches Sehen unter verſchiednen Entfernungen erzeugen.

Wenn der Kurzſichtige von einem Optikus ſo weit entfernt iſt, daß er nicht Gelegenheit hat, eine Menge von Linſen zu verſuchen, ſo iſt das nächſte noch, was er thun kann, daß er ihm den größten Abſtand überſchickt, unter welchem er mit bloßem Auge noch deutlich ſehen kann, wo er dann durch folgende Regel im Stande ſeyn wird, mit hinreichender Genauigkeit ihn zu verſehen.

Man multiplicire den Abſtand, unter welchem die kurzſichtige Perſon mit bloßem Auge noch deutlich ſieht, durch den Abſtand, unter welchem es erforderlich wäre, daß er durch ein konkaves Glas deutlich ſehen muß, und dividire das Produkt durch die Differenz der erwähnten Abſtände: wenn der verlangte Abſtand ſehr groß iſt, ſo müſſen die Gläſer von demjenigen Radius ſeyn, unter welchem ſie mit bloßen Augen deutlich ſehen.

Die Wohlthat, welche kurzſichtige Perſonen von konkaven Gläſern erlangen, iſt nicht ſo groß, als Weitſichtige von konvexen Gläſern ziehen; denn ein Gegenſtand wird nicht nur vergrößert, ſondern das Auge erhält auch einen ſtärkern Lichtbüſchel von jedem ſichtbaren Punkte, weil die Strahlen weniger divergirend einfallen: dahingegen das konkave Glas nicht nur den Gegenſtand an Größe vermindert, ſondern auch die Menge des Lichts ſchwächt, indem die Strahlen mehr divergirend gemacht werden, folglich ſieht der Kurzſichtige keine entfernten Gegenſtände, wenn ſie nicht groß und helle ſind, durch ein konkaves Glas ſo gut, als es nach der Theorie der Fall ſeyn ſollte: denn das vorzüglichſte Hinderniß zum deutlichen Sehen entfernter Gegenſtände iſt ihr Mangel an Licht und Größe, welches beides aber durch eine konkave Linſe vermehrt wird.

Man nimmt insgemein an, daß die Kurzſichtigkeit ſich vermindert, ſo wie ſolche Perſonen älter werden, da das natürliche Einſchrumpfen und die Abnahme in den Feuchtigkeiten des Auges die Konvexität vermindern, und ſie daher in Stand geſetzt werden, entfernte Gegenſtände deutlicher zu ſehen; allein unter der großen Menge kurzſichtiger Perſonen, die ich mit Gläſern verſehen habe, habe ich immer das Gegentheil von dieſer Theorie gefunden, und daß die Augen der Myopen niemals minder konkave Gläſer nöthig gehabt hätten, vielmehr gewöhnlicherweiſe mehr konkave, ſo wie ſie älter geworden, um ſie in Stand zu ſetzen, unter dem nämlichen Abſtande zu ſehen.

Ferner tragen die Wirkungen der Gewohnheit, die in den meiſten Fällen einen ſehr großen Einfluß haben, beſonders was das Auge betrift, ſehr viel bei, den Fehler der Myopen zu vergrößern; denn da ſie häufig ſich ſehr tief auf den Gegenſtand legen, um ihn deutlich zu ſehen, ſo machen ſie ſich das Uebel noch ſchlimmer, obſchon

ihre Augen von Natur nicht dazu geneigt ſind: daher finden wir denn, daß Uhrmacher, Kupferſtecher und Studierende ſehr öfters ſich dieſen Fehler zuziehen. Durch Leſen oder Arbeiten unter einem ſo großen Abſtande als möglich, und durch öfteres Sehen nach entfernten Gegenſtänden kann der Grad der Kurzſichtigkeit vermindert werden. Da Kinder insgemein ungleich näher leſen, als erwachſene Perſonen, ſo werden ſie, wenn man ihnen darin nachſieht, von Natur kurzſichtig.

Ich habe es bei einigen Beiſpielen nothwendig gefunden, den Kurzſichtigen konvexe Gläſer zu geben, wenn ſie zu hohem Alter gelangten, nicht weil ihre Augen weniger konvex geworden wären, ſondern um ihnen mehr Licht zu verſchaffen, und einer außerordentlichen Zuſammenziehung der Pupille entgegen zu wirken.

So groß indeſſen aber auch das Mißgeſchick kurzſichtiger Perſonen iſt, ſo iſt es jedoch in Rückſicht entfernter Gegenſtände vielleicht geringer, als man insgemein glaubt; ſie ſehen die hellen Sterne und Planeten beinahe eben ſo gut als andre Perſonen. Zwar ſehen ſie freilich nicht deutlich außerhalb einer gewiſſen kleinen Entfernung, und die kleinern Theile eines Gegenſtands, die von einem andern geſehen werden; ſo können ſie die Geſichtszüge nicht innerhalb der Länge eines Zimmers unterſcheiden, ſo wie, da Gegenſtände insgemein vermöge ihrer kleinern Theile unterſchieden werden, ihr Mißgeſchick bei Betrachtung von Gegenſtänden unter einer mäßigen Entfernung ſehr auffallend iſt. Allein obſchon ſolche Perſonen die kleinen Dinge an Gegenſtänden nicht unterſcheiden können, wofern ſie nicht groß und ſehr nahe ſind, ſo können ſie doch jeden Gegenſtand im Großen unter einer beträchtlichen Entfernung ſehen, wenn er nicht zu klein iſt; ſo können ſie einen Menſchen unter einem Abſtande von verſchiedenen Schritten gewahr werden, allein er muß ſich freilich bis auf

ein oder zwei Schritte nähern, ehe ſie beſtimmen können, wer es ſey oder ihn bei ſeinem Namen zu nennen; ſo werden ſie einen großen Baum viel weiter ſehen, und durch Erfahrung in ſolchen Fällen wiſſen, daß ein großer dunkler Gegenſtand unter einer großen Entfernung ein Haus ſey, welches denn ihren Freunden nothwendig auffallend ſeyn muß, die mit der Beſchaffenheit ihres Geſichts bekannt ſind. Zufolge dieſer Grundſätze läßt ſich denn leicht der ſcheinbar paradoxe Satz von ganz Blinden, oder denjenigen erklären, welche einen kleinen Gegenſtand kaum innerhalb einer Armslänge erkennen, dagegen aber ſolche ſehen, die ſehr weit entfernt liegen.

Achtzehnte Vorleſung.

Von der Natur des Sehens.

Von der Entfernung, der Größe und dem ſcheinbaren Orte der Gegenſtände.

Wir wollen nunmehr unterſuchen, wie wir über die Entfernungen der geſehenen Gegenſtände urtheilen. Entfernung an ſich ſelbſt und unmittelbar kann nicht wahrgenommen werden, weil ſie blos in einer gegen das Auge gerichteten Linie beſteht. Wenn ich daher gegen das Ende dieſes Bindfaden ſehe, ſo iſt die Länge deſſelben ſeiner Lage wegen unſichtbar, und das Bild davon auf der Netzhaut kann blos ein Punkt ſeyn, der in allen Entfernungen unveränderlich derſelbe ſeyn wird, der Punkt ſey 1000 Meilen oder blos einen Fuß von uns entfernt.

Die Veränderung der Geſtalt des Auges iſt das erſte Mittel, wodurch das Auge von der Entfernung urtheilt. Wenn die Figur des Auges und die Lage aller ſeiner Theile unter allen Entfernungen der Gegenſtände, auf die wir ſehen, immer dieſelbe bliebe, ſo würde das Bild verſchiedener Gegenſtände auf der Netzhaut undeutlich ſeyn, entweder weil ſie zu entfernt, oder weil ſie zu nahe ſind. Bei dem Sehen auf Gegenſtände unter kleinen aber verſchiedenen Entfernungen muß daher das Auge ſeine Geſtalt verändern, und ſich darnach einrichten, um ſie deutlich

zu ſehen. Junge Perſonen beſitzen insgemein das Vermögen, ihre Augen allen Entfernungen des Gegenſtands von 6 oder 7 Zoll bis 15 oder 16 Fuß anzupaſſen, und ſehen folglich innerhalb dieſen Gränztn in jeder Entfernung jeden Gegenſtand vollkommen deutlich. Die Bemühung, die ſie anwenden, um ihre Augen nach jeder beſondern Entfernung der Gegenſtände einzurichten, die innerhalb dieſer Entfernung liegen, wird ſolchemnach ein Merkmal dieſes Abſtands werden.

Dieſe Veränderung in der Geſtalt des Auges hat ihre Gränzen, über welche hinaus ſie nicht gehen kann; wir können daher von der Entfernung der Gegenſtände, die außerhalb den Gränzen des deutlichen Sehens liegen, nicht urtheilen. Allein da der Gegenſtand mehr oder weniger deutlich erſcheint, je nachdem er mehr oder weniger weit über dieſe Entfernungen hinausliegt, ſo iſt der Grad dieſer Undeutlichkeit ein Mittel, wornach wir die Entfernung ſolcher Gegenſtände beurtheilen, die beträchtlich weit außerhalb den Gränzen des deutlichen Sehens liegen. Allein auch dieſe Undeutlichkeit hat ihre Gränzen, außerhalb welcher des Bild auf der Netzhaut nicht merklich undeutlich ſeyn wird, wenn auch der Gegenſtand in eine ungleich größere Entfernung gerückt wird.

Beſäßen wir alſo keine andre Hülfsmittel als dieſes, den Abſtand ſichtbarer Gegenſtände zu ſchätzen, ſo würde der entfernteſte nicht über 20 oder 30 Fuß von dem Auge entfernt zu ſeyn erſcheinen; und die Gipfel der Häuſer und Bäume würden die Wolken zu berühren ſcheinen, weil in dieſem Falle die Merkmale aller größern Entfernungen einerlei wären, und einerlei Begrif von Entfernung gäben.

Allein wir ſind noch mit andern Mitteln verſehen, nämlich die Neigung der Sehaxen. Wenn wir einen Gegenſtand aufmerkſam mit beiden Augen betrach-

ten, ſo richten wir jederzeit beide Augen dahin, ſo daß, je näher der Gegenſtand iſt, um deſto mehr ſie gegen einander geneigt werden müſſen, und umgekehrt je entfernter ſie ſind, um deſto geringer alsdann ihre Neigung ſeyn wird: und ob wir zwar dieſer Neigung uns bewußt ſind, ſo ſind wir uns doch des Beſtrebens nicht bewußt, das wir dabei anwenden. Auf dieſe Art bemerken wir kleine Entfernungen genauer, als vermittelſt der Veränderungen der Geſtalt des Auges allein. Aus dieſem Grunde ſehen wir daher diejenigen, welche ein Auge verloren haben, ſelbſt innerhalb Armslänge Fehler in Rückſicht des Abſtands der Gegenſtände begehen, die von denjenigen leicht vermieden werden, welche mit beiden Augen ſehen. Solche Fehler bemerkt man ſehr oft beim Putzen eines Lichts, beim Einfädeln einer Nähnadel, und beim Einſchenken einer Theetaſſe. Eine Perſon, welche ſonſt gut Ball ſpielt, wird anfangs leicht eben ſolche Fehler begehen, wenn ſie beim Spielen ſich das eine Auge verbindet.

Um von der Wahrheit dieſer Bemerkung ſich zu überzeugen, hänge man einen Ring an einen Faden, mit dem Rand gegen ſich gekehrt, ſo daß die Oefnung rechter und linker Hand ſich befindet. Nun nehme man einen an dem Ende in einen Haken gebogenen Stab, gehe zwei oder drei Schritte von dem Ringe zurück, bedecke ein Auge mit der Hand, und bemühe ſich mit der andern den Haken des Stabs durch den Ring zu ſtecken: ſo leicht dieſer Verſuch ſcheinet, ſo wird man doch unter hundertmalen kaum einmal im Stande ſeyn es zu thun, wenn man den Stab geſchwind einhaken will.

Ob nun ſchon dieſes zweite Mittel, den Abſtand ſichtbarer Gegenſtände zu bemerken, genauer und beſtimmter iſt, als das erſte: ſo hat es doch auch ſeine Gränzen, außerhalb welchen es nicht weiter zu dieſer Abſicht dient. Denn wenn die auf einen Gegenſtand gerichteten Sehaxen

ſo nahe parallel werden, daß, bei der Richtung derſelben gegen einen noch entferntern Gegenſtand, wir uns keiner neuen Anſtrengung bewußt werden, noch ſonſt eine verſchiedene Empfindung davon haben, ſo hört alle Wahrnehmung irgend einer Entfernung auf; und da alle entferntere Gegenſtände das Auge auf gleiche Art rühren, ſo halten wir ſie für gleich entfernt. Dies zeigt, warum die Sonne, der Mond, die Planeten und Fixſterne, wenn ſie nicht nahe am Horizonte geſehen werden, alle in gleicher Entfernung erſcheinen, ſo als ob ſie in der konkaven Oberfläche einer großen Sphäre lägen.

Die Farben und der Grad der Helligkeit in den Gegenſtänden iſt eine andre Urſache, warum ſie in verſchiednen Entfernungen erſcheinen. So wie Gegenſtände ſich mehr und mehr entfernen, ſo erſcheinen ſie auch bläſſer, matter und dunkler, ihre kleinen Theile werden undeutlicher, ihr Umriß erſcheint weniger abgeſchnitten, und ihre Farben verlieren nicht nur ihren Glanz, ſondern arten auch aus, und werden mit dem Azur der dazwiſchen liegenden Atmoſphäre überzogen. Durch dieſe Mittel gelingt es den Malern, die Gegenſtände in ſehr verſchiednen Entfernungen vorzuſtellen. Die Verminderung der Größe des Gegenſtands würde nicht dazu hinreichend ſeyn, ihn ohne dieſe Abſtuffung der Farben, und ohne die Undeutlichkeit der Umriſſe und der kleinen Theile in einer großen Entfernung erſcheinen zu laſſen. Wenn ein Maler eine menſchliche Figur zehnmal kleiner als andre menſchliche Figuren, die ſich auf dem nämlichen Stücke befinden, malte, und er hielte die Farben eben ſo helle, und der Umriß und die kleinern Theile wären genau beſtimmt, ſo würde die Figur nicht das Anſehen eines Mannes in einer großen Entfernung haben, ſondern als Zwerg erſcheinen. Die Maler ſind daher genöthiget, um ihren Figuren den gehörigen

Grad der Entfernung zu geben, jede ſtark mit Luftfarbe zu überlegen: denn je entfernter der Gegenſtand iſt, um deſto mehr ſcheinen ſeine eigenen Farben ſich in diejenige der dazwiſchenliegenden Atmoſphäre zu verlieren. Man nennt dies die Haltung, denn hierdurch ſcheint jeder Gegenſtand in einem Gemälde ſeinen gehörigen Abſtand von den übrigen zu erhalten.

Dr. Smith liefert uns eine ſonderbare Bemerkung, welche von dem Biſchof Berkeley auf ſeinen Reiſen durch Italien und Sicilien gemacht worden iſt. Er bemerkte nämlich, daß in dieſen Ländern Städte und Paläſte, die unter einer großen Entfernung geſehen wurden, ihm um verſchiedene Meilen näher zu ſeyn ſchienen, als ſie wirklich waren, welches er der Reinheit der Italiäniſchen und Sicilianiſchen Luft zuſchrieb, die ſehr entfernten Gegenſtänden denjenigen Grad der Helligkeit und Deutlichkeit giebt, den man bei der gröbern Luft von England nur an ſehr nahen bemerkt. Daher erſcheinen auch eben geweißte Zimmer und mit Schnee bedeckte Felder und Hügel kleiner.

Auch iſt es gewiß, daß wir bei ungewöhnlich reiner Luft ſichtbare Gegenſtände für näher und kleiner halten, als ſie wirklich ſind; und ſo umgekehrt in ungewöhnlich neblichter Luft. Eine weſtliche Landſchaft oder Ausſicht erſcheint an einem heitern Morgen, wenn die Sonne darauf ſcheint, näher, als wenn die Sonne höher und mehr nach Weſten ſteht. Der Stand der Wolken und unzählige andre Umſtände haben auf die Helligkeit der Gegenſtände Einfluß, und tragen das ihrige zu unſrer Vorſtellung von der Entfernung abgelegener Gegenſtände bei.

Die Länge der Grundfläche, oder die Menge der darin bemerkten zwiſchenliegenden Theile, iſt ein anderes Mittel, wodurch

wir über die Entfernung urtheilen. Wir ſind ſo ſehr gewöhnt, den Boden, über den wir gehen, mit unſern Augen zu meſſen, und das Urtheil unſerer Augen über die Entfernungen mit der wirklichen Erfahrung zu vergleichen, daß wir ſolchergeſtalt nach und nach genauer über den Abſtand irdiſcher Gegenſtände urtheilen lernen, als wir auf irgend eine der vorhergehenden Arten zu thun im Stande geweſen wären.

Ein gegebnes Feld erſcheint länger, je nachdem es eine größere Menge ſichtbarer Theile enthält; daher können zwei gleiche, aber ſehr große Diſtanzen ſehr ungleich erſcheinen, je nachdem die zwiſchenliegenden Theile verſchieden beſchaffen und geſtellt ſind, und je nachdem der Zuſchauer höher oder tiefer ſteht. So erſcheint eine Hecke, in welcher verſchiedene Bäume ſich befinden, insgemein länger, als eine beſchnittene Hecke, oder die nämliche Länge des Bodens auf einem freien ofnen Felde. Aus eben dieſer Urſache erſcheint eine Reihe von Häuſern, Säulen oder Bäumen, die regelmäßig gepflanzt ſind, länger, als eine ſchlichte Wand von der nämlichen Länge; denn in dem erſten Falle giebt es nicht nur mehr ſichtbare und bemerkenswerthe Theile, ſondern unſer Vorherwiſſen, daß die verſchiedenen zwiſchenliegenden Gegenſtände gleich entfernt ſind, zieht die ſcheinbare Länge der ganzen Kette noch weiter hinaus. Ein Fluß erſcheint anfangs nicht ſo breit, als nachher, nachdem man die Brücke über denſelben von der Seite geſehen hat; auch ſcheint eine bekannte Länge eines Waſſers nicht ſo lang als eine gleiche Strecke Land, da es ungleich ſchwerer iſt auf der Oberfläche des einen die Theile zu unterſcheiden, als auf der Oberfläche des andern. Daher geht eine Perſon, die der Ausſicht auf der See nicht gewohnt iſt, in ihrem Urtheil von Entfernungen ſehr fehl; ein Schif, welches 8 oder 10 Meilen von dem Ufer entfernt iſt, wird kaum eine Meile davon zu ſeyn ſcheinen.

Wenn ein Theil der zwiſchenliegenden Kette nicht oder doch nur ſehr dunkel geſehen wird, ſo werden die ſcheinbaren Entfernungen der Gegenſtände, welche außerhalb dieſem Theile ſich befinden, dem zufolge geringer ſeyn. So erſcheint eine Strecke hüglichter und unebener Boden kürzer, als eine gleiche Strecke eines flachen ebenen Landes; die vorragenden Theile verbergen nämlich die hinter ihnen befindlichen Vertiefungen, mithin iſt die ſcheinbare Entfernung wegen des Verluſts dieſer unſichtbaren Theile um ſo viel geringer. Aus dem nämlichen Grunde ſcheint die Spitze eines Berges, wenn man ihn hinter einem andern Berge ſieht, oft näher zu ſeyn, als er iſt, wenn man nachher das Thal zwiſchen demſelben vor ſich erblickt. So werden auch die Ufer eines Fluſſes in einiger Entfernung aneinander zu ſtoßen ſcheinen, wenn kein Theil der Oberfläche des Fluſſes geſehen wird.

Die bekannte Entfernung der Gegenſtände des Erdballs, welche unſre Ausſicht begränzen, macht daß derjenige Theil des Himmels, welcher gegen den Horizont liegt, entfernter erſcheint, als derjenige, welcher dem Zenith näher iſt. Daher ſtellt die ſcheinbare Geſtalt des Himmels nicht eine Halbkugel, ſondern vielmehr ein kleineres Segment einer Sphäre vor.

Verſchiedene Grade der ſcheinbaren Entfernungen beurtheilen wir aus der Verminderung der ſcheinbaren oder ſichtbaren Größe der geſehenen Gegenſtände. Wir wiſſen aus Erfahrung, in welcher Geſtalt und Größe ein Menſch, oder irgend ein bekannter Gegenſtand in unſern Augen innerhalb 10 Fuß erſcheint, und bemerken eine allmähliche Verjüngung der ſichtbaren Figur unter 20, 40, 100 Fuß und ſo fort, bis er endlich ganz aus dem Geſichte verſchwindet. Daher wird eine gewiſſe ſichtbare Größe eines bekannten Gegenſtands das Merkmal einer

gewiſſen beſtimmten Entfernung, mit dem wir jederzeit die Vorſtellung dieſer Entfernung verbinden.

Allein kennen wir die wahre Größe eines Gegenſtands nicht, ſo können wir auch aus der ſcheinbaren Größe kein Urtheil über deſſen Entfernung fällen. Daher werden wir auch ſehr oft in unſrer Schätzung von Entfernungen durch die außerordentliche Größe irgend eines Gegenſtands hintergangen, den wir am Ende derſelben gewahr werden, wie dies der Fall iſt, wenn wir gegen eine große Stadt, oder ein Schloß, oder gegen eine Hauptkirche, oder einen großen Berg zu reiſen, wo wir alles dieſes näher zu ſeyn glauben, als wir ſodann finden, daß es wirklich iſt. Daher erſcheinen auch Gegenſtände dem Auge kleiner, wenn wir ſie von einem hohen Gebäude ſehen, als ſie zu ſeyn ſcheinen, wenn wir ſie aus der nämlichen Entfernung auf ebenen Boden ſehen.

Man führe einen Knaben, welcher noch niemals auf einem hohen Gebäude geweſen iſt, auf einen Thurm, und laſſe ihn herab auf die Straße ſehen, wo er ſich über die außerordentliche Kleinheit der Objekte verwundern wird. Allein nach Verlauf von 10 oder 20 Jahren, nachdem er ſich gewöhnt hat, von dieſer und andern großen Höhen herabzuſehen, werden die Gegenſtände ihm nicht mehr ſo klein erſcheinen. Aus dieſer Urſache müſſen auch Statuen, welche auf ſehr hohe Gebäude geſetzt werden, größer gemacht werden, als ſolche, welche aus geringern Entfernungen geſehen werden.

Von der ſcheinbaren Größe.

Die ſcheinbare Größe ſehr entfernter Gegenſtände wird weder durch den Sehwinkel beſtimmt, noch aus dem

genauen Verhältniſſe dieſes Winkels verglichen mit ihrem wahren Abſtande. Bei der Vorſtellung von ſcheinbarer Größe findet vielmehr eine Täuſchung in Anſehung jener Entfernung Statt, ſo daß, wenn wir keine Vorſtellung von den verſchiednen Entfernungen der Gegenſtände hätten, die ſcheinbare Größe von jedem dem Winkel, unter welchem er geſehen wird, verhältnißmäßig ſeyn würde; und wäre unſre Vorſtellung von dem Abſtande jederzeit richtig, ſo würden unſre Begriffe von ihrer Größe unter allen Entfernungen unveränderlich ſeyn; allein nach Verhältniß, als wir in unſerer Vorſtellung von dem Abſtande irren, ſo verleitet uns auch ein größerer Winkel zur Annahme einer mehreren Größe. Es iſt wahrſcheinlich, daß die ſcheinbaren Größen genau oder doch ſehr nahe in dem zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Sehwinkel und der ſcheinbaren Entfernungen ſind.

Wir werden in unſern Urtheilen von der Größe eben ſo häufig getäuſcht, wie bei denjenigen über Entfernung. Eine Fliege, welche vor einem unachtſamen Zuſchauer auffliegt, wird bisweilen die Idee von einer Krähe in uns erwecken, die von ferne auffliegt; allein ſobald wir den Irrthum in der Entfernung gewahr werden, ſo ſchwindet die Krähe in eine Fliege. Eben ſo erſcheinen, wie wir bereits bemerkt haben, bei neblichter Witterung und in der Dunkelheit die Gegenſtände weiter entfernt, als ſie wirklich ſind, und in dieſen Fällen zugleich verhältnißmäßig größer, weil hier ein größerer Irrthum in der Entfernung Statt findet. So hat man einen kleinen Haufen von Steinen nicht ſelten für die Ruinen eines großen Gebäudes u. d. gl. gehalten.

Die Verminderung der ſcheinbaren Größe iſt nach Verhältniß zu dem größern Wachſen des Abſtands ſo ſehr geringe, daß überhaupt die Geſichtswinkel von Gegen-

ſtänden nur ſehr wenigen Antheil an unſerm Urtheile über ihre Entfernungen haben; auch würde in der That, wäre der Fall anders, es für uns beinahe unmöglich ſeyn, ſowohl in Rückſicht des Abſtands als der Größe ein richtiges Urtheil zu fällen. Wenn wir z. B. nicht unabhängig von dem Geſichtswinkel urtheilten, wie könnten wir ein Kind von einer großen Perſon, oder einen Stift von einer Stange unterſcheiden? Denn wenn der größte Gegenſtand in eine ſehr große Entfernung gebracht wird, ſo wird er unter einem unbeſtimmbar kleinen Winkel erſcheinen. Gegenſtände ſcheinen insgemein näher zu ſeyn, wenn die zwiſchenliegende Kette nicht bemerkt wird, und aus der nämlichen Urſache erſcheinen ſie auch, wie wir bereits bemerkt haben, verhältnißmäßig kleiner. So iſt der Abſtand eines Gegenſtands verbunden mit ſeiner ſichtbaren Größe, ein Zeichen von ſeiner wirklichen Größe; und der Abſtand verſchiedener Theile eines Gegenſtands, verbunden mit ſeiner ſichtbaren Figur, wird ein Zeichen von ſeiner wirklichen Geſtalt.

So zahlreich ſind die Verhältniſſe und Beziehungen zwiſchen dem Auge und dem Verſtande, zwiſchen Licht und Kenntniß, daß es wenig Gegenſtände in der Optik giebt, aus denen Sie nicht einige praktiſche Vortheile herleiten könnten. So ſtimmt das Urtheil der Seele mit der Stärke der Farben der Gegenſtände zuſammen; je weiter ſich die Gegenſtände entfernen, deſto bläſſer und undeutlicher werden ſie, mithin werden auch unſre Vorſtellungen davon immer weniger lebhaft und deutlich.

Von der ſcheinbaren Bewegung.

Wenn zwei Gegenſtände unter verſchiedenen Entfernungen von dem Auge ſich in parallelen Linien, beinahe unter rechten Winkeln mit der Geſichtsaxe, und mit einer

lei Geſchwindigkeit bewegen, ſo wird der entfernteſte ſich am langſamſten zu bewegen ſcheinen, und der näheſte am geſchwindeſten, weil der von dem entfernteſten Gegenſtande beſchriebene Raum für das Auge einen ungleich kleinern Winkel macht.

Wenn die Richtungen, unter denen die Körper ſich bewegen, nicht parallel ſind, ſo kann der näheſte Gegenſtand ſich langſamer zu bewegen ſcheinen, als der entferntere, ob er ſich ſchon in der That ſchneller bewegt, wenn der beſchriebene Raum ſo ſchief gegen die Geſichtsſtrahlen gelegen iſt, daß ſie im Auge ungleich kleinere Winkel bilden, als die kleinern Räume, welche von dem entferntern Gegenſtande beſchrieben werden, der in einer mehr direkten Richtung gegen das Auge iſt.

Wenn zwei Gegenſtände, welche von dem Auge in ungleicher Entfernung ſind, ſich mit ungleichen Geſchwindigkeiten in der nämlichen Richtung bewegen, ſo ſtehen ihre ſcheinbaren Geſchwindigkeiten in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe des direkten Verhältniſſes ihrer wahren Geſchwindigkeiten, und des wechſelſeitigen ihrer Entfernungen vom Auge.

So wie Gegenſtände in Bewegung verſchiedene ſcheinbare Geſchwindigkeiten unter verſchiedenen Entfernungen haben werden, ſo werden einem Zuſchauer in Bewegung Gegenſtände in Ruhe verſchiedene ſcheinbare Geſchwindigkeiten haben. Auf dieſe Art ſieht ein Reiſender in einer Kutſche die Bäume in der nahen Hecke ſich geſchwind rückwärts bewegen, indeß diejenigen auf dem Felde außerhalb ſich langſamer, und ſolche weiter noch von dieſen, noch langſamer bewegen, und ſo weiter hin ſolche, welche ſehr entfernt ſind, kaum noch eine Bewegung äußern. Wenn nun ein Zuſchauer in Bewegung ſein Auge feſt auf einen Gegenſtand unter einiger Entfernung heftet, ſo werden

Gegenſtände, welche ihm ſehr nahe ſind, zu ruhen ſcheinen, indeß noch nähere Gegenſtände rückwärts, entferntere aber allmählich vorwärts, ſo wie der Zuſchauer, zu gehen ſcheinen.

Wenn zwei oder mehrere Gegenſtände, welche einerlei ſcheinbare Geſchwindigkeit haben, ſich alle nach einerlei Richtung bewegen, ſo kann ein Gegenſtand in Ruhe, bei welchem ſie vorbeigehen, ſcheinen, als ob er ſich in entgegengeſetzter Richtung bewege, während dem die Gegenſtände in Bewegung in Ruhe zu ſeyn ſcheinen: denn da ihre Bilder die nämliche Entfernung auf der Netzhaut behalten, ſo kann keine Bewegung unter ihnen bemerkt werden. Wenn der Zuſchauer unmerkbar ſein Auge bewegt, ſo daß er dieſe Bilder an einerlei Orte erhält, ſo wird das Bild des Gegenſtands in Ruhe nach und nach über ſie weggehen, auf gleiche Art, als ob dieſer Gegenſtand in entgegengeſetzter Richtung in Bewegung geweſen wäre. Die nämliche Erſcheinung kann ſich ereignen, wenn der einzelne Gegenſtand entweder in einerlei oder in entgegengeſetzter Richtung in Bewegung iſt; blos die ſcheinbare Bewegung deſſelben wird geſchwinder oder langſamer, gerade vor ſich oder rückwärts ſeyn, je nachdem die Umſtände verſchieden ſind. So ſcheint, wenn die Wolken ſich nach und nach über den Mond weg bewegen, er mit ihrer Geſchwindigkeit in entgegengeſetzter Richtung zu gehen, ſie ſey nun öſtlich oder weſtlich.

Hieraus können Sie denn ſehen, wie ſchwer es iſt, eine genaue Schätzung von den wahren Geſchwindigkeiten der Gegenſtände nach den ſcheinbaren zu machen, da wir ſowohl die Richtungen als die Diſtanzen der bewegenden Gegenſtände wiſſen müſſen, wovon wir aber in verſchiedenen Fällen kaum mit erträglicher Genauigkeit muthmaßen können.

Körper in Bewegung müſſen ſich mit einem gewiſſen Grade von Geſchwindigkeit bewegen, um merkbar zu werden. Ob es nun zwar ſchwer iſt, mit Genauigkeit den Raum zu beſtimmen, welcher in einer gegebenen Zeit zurückgelegt werden muß, um merkbar zu ſeyn, ſo können wir doch im Allgemeinen ſagen, daß innerhalb einer Sekunde Zeit ein Raum beſchrieben werden müſſe, welcher in dem Auge einen Winkel von 15 oder 20 Sekunden eines Grads bilde. Hieraus ſehen wir denn, warum wir die Bewegung der Körper am Himmel nicht bemerken können, da die Räume, welche von ihnen innerhalb einer Minute beſchrieben werden, noch keinen Winkel über den vierten Theil eines Grads betragen, wenn ihre ſcheinbare Bewegung am größten iſt. Aus der nämlichen Urſache bemerken wir die Bewegung des Stunden- und ſelbſt des Minutenzeigers an einer Uhr nicht. Auf gleiche Art kann eine außerordentlich große Geſchwindigkeit, wie die tägliche Bewegung der Körper am Himmel, doch noch zu langſam ſeyn, um bemerkbar zu werden, ſo wie auch ein Gegenſtand ſich mit einer ſo großen Geſchwindigkeit bewegen kann, daß er nicht bemerkt werden kann, wie der Gang einer Kanonenkugel, wenn ſie aus einem Mörſer geſchoſſen wird.

Ein Gegenſtand, welcher ſich mit einer großen Geſchwindigkeit bewegt, wird nicht geſehen, wofern er nicht ſehr leuchtend iſt. So wird eine Kanonenkugel nicht geſehen, wenn man ſie quer über betrachten will, allein ſieht man ihr längs der Linie nach, die ſie beſchreibt, ſo kann ſie geſehen werden, weil ihr Bild an einerlei Stelle auf der Netzhaut lange verweilt, und daher einen ſtärkern Eindruck macht.

Kinder haben insgemein eine große Freude an dem Anbrennen eines kleinen Stabs an einer Kohle, den ſie ſodann im Kreis herum ſchleudern, um goldne Treſſen zu

machen, wie ſie es nennen. Damals glaubten wir gewiß nicht, daß wir phyſikaliſche Verſuche anſtellten, indeſſen können wir dieſe unſchuldige Ergötzung in unſern reifern Jahren dazu anwenden, indem wir daraus folgern können, daß unſre Organe die Empfindung noch fortſetzen, nachdem der Stoß von den Gegenſtänden, die ſie erweckten, bereits vorbei iſt; es entſteht nämlich ein vollkommner Feuerkreis, welches gewiß nicht der Fall wäre, wofern das Licht, welches davon herkommt, von jedem Punkte, die Geſichtsnerven nicht in eine Bewegung ſetzte, welche fortdauerte, bis der Gegenſtand ſelbſt wieder zu dem nämlichen Punkte gekommen, noch wofern dieſe Bewegung nicht den nämlichen Begrif in der Seele erzeugte, als es geſchahe, wenn das Licht zuerſt auffiel. Denn wird der Stecken nicht geſchwind genug herumgeſchwungen, ſo daß er keinen zweiten Eindruck von dem nämlichen Punkte machen kann, ehe die von dem erſten erzeugte Bewegung vorbei iſt, ſo ſieht man keinen vollſtändigen Feuerring, ſondern einen leuchtenden Fleck, welcher nach und nach durch jeden Theil des Kreiſes läuft.

Nach den Grundſätzen, die wir hier gegeben haben, wird die Erklärung deſſen leicht gefolgert werden können, was man unter **Täuſchungen des Geſichts** verſteht. Sie hängen vornämlich von unſerm Irrthume in den Diſtanzen der Gegenſtände ab. So ſcheinen parallele Linien, oder lange Gänge, welche aus parallelen Reihen von Bäumen beſtehen, mehr und mehr gegen einander zu rücken, je entfernter ſie von dem Auge werden, weil die Linien, welche ihre Zwiſchenräume meſſen, und die jederzeit gleich ſind, kleinere Winkel machen, je entfernter ſie werden, und ſich ſolchergeſtalt immerfort zu vermindern ſcheinen, indeß wir zu gleicher Zeit in Rückſicht des Abſtands fehlen. Aus dem nämlichen Grunde werden die entfernten Theile eines horizontalen Spazierganges, oder

einer langen Ebene ſich allmählich zu erheben ſcheinen, und je entfernter die Gegenſtände ſind, die ſich daſelbſt befinden, je höher werden ſie erſcheinen, bis der letzte in gleicher Fläche mit dem Auge erſcheint: dahingegen die Decke einer langen Gallerie ſich herab gegen die horizontale Linie zu neigen ſcheint, die von dem Auge zu einem Zuſchauer gezogen wird. Eben ſo ſcheint die Oberfläche der See, wenn man ſie von einer Höhe betrachtet, höher und höher zu ſteigen, je weiter wir darauf hinſehen; und die oberſten Theile eines hohen Gebäudes neigen ſich vorwärts über die untern Theile, ſo daß Statuen auf der Spitze ſolcher Gebäude, um aufrecht zu ſcheinen, etwas rückwärts geneigt geſetzt werden müſſen.

Indeſſen findet man noch eine andre Erſcheinung, die nicht ſo leicht erklärt werden kann: wenn nämlich eine Perſon ſich geſchwind herumdreht, ohne den Ort zu verändern, ſo werden alle Gegenſtände herum ſich in entgegengeſetzter Richtung zu bewegen ſcheinen; dieſe Täuſchung fährt fort, nicht nur während die Perſon ſich ſelbſt herumbewegt, ſondern was noch mehr zu bewundern iſt, ſie dauert auch noch einige Zeit lang fort, nachdem man bereits aufgehört hat ſich zu bewegen, d. i. wenn ſowohl das Auge als der Gegenſtand in Ruhe ſind. Das erſtere iſt nicht ſo ſchwer zu erklären, denn die Bewegung des Gegenſtands auf der Netzhaut erklärt es leicht von ſelbſt: allein warum es fortdauert, wenn ſowohl das Auge als der Gegenſtand bereits in Ruhe ſind, dazu iſt bisher noch keine genugthuende Erklärung gefunden worden. Mir ſcheint es, daß der Sitz des Sinns bei Aufnehmung der Bilder nicht ganz leidend ſey, ſondern daß er einen Strahl von ſich ſelbſt gegen jeden Gegenſtand richtet, den er gewahr wird; die Wirkung und Gegenwirkung zwiſchen Objekten, und dem Sitze der Sinne iſt gänzlich wechſelſeitig. Daher ſehen wir Objekte oder ihre Bilder, nachdem das Auge

ſich bereits von ihnen weggewendet hat. Daher nehmen auch beim Irrereden die Gegenſtände der Einbildung eine wirkliche Vorſtellung in den Organen des Sinns an, ſo wie wir daher einen Gegenſtand nicht ſehen, worauf zufälligerweiſe das Auge geheftet iſt, wenn die Einbildungskraft mit etwas ganz anderm beſchäftiget iſt.

Indeſſen iſt in Rückſicht deſſen, was wir Täuſchungen des Geſichts nennen, zu bemerken, daß die Erſcheinung von Dingen dem Auge jederzeit den feſtgeſetzten Geſetzen der Natur entſpricht; wir ſagen daher gan eigentlich, daß es keinen Trug in den Sinnen giebt. Die Natur redet jederzeit einerlei Sprache, und bedient ſich der nämlichen Zeichen bei einerlei Umſtänden: allein wir mißkennen zuweilen den Sinn der Zeichen, entweder aus Unwiſſenheit der Geſetze der Natur, oder aus Unkunde der Umſtände, welche ſich bei den Zeichen einfinden.

Einen Menſchen, der mit den Grundgeſetzen der Optik unbekannt iſt, ſcheint beinahe jeder Verſuch, welcher mit dem Priſma, mit der Zauberlaterne, mit dem Teleſkope und Mikroſkope angeſtellt wird, ein Betrug des Geſichts zu ſeyn. Selbſt die Erſcheinung eines gewöhnlichen Spiegels würde einem, der mit den Wirkungen deſſelben unbekannt wäre, ganz eigentlich trügeriſch erſcheinen: denn was kann einem Menſchen wohl mehr auffallen, als dasjenige vor ſich zu ſehen, was in der That hinter ihm iſt? Was kann ihm mehr auffallen, als wenn er ſich ſelbſt um verſchiedene Ellen von ſich entfernt erblickt? Allein ſchon Kinder, ehe ſie noch ihre Mutterſprache ſprechen können, lernen bereits, daß ſie durch dieſe Erſcheinungen keineswegs hintergangen werden. Dieſe ſowohl als alle andre bewundernswürdige Erſcheinungen, die durch optiſche Gläſer bewirkt werden, ſind ein Theil der Geſichtsſprache, ſo wie ſie denjenigen, welche die

Geſetze der Natur in Rückſicht des Lichts und der Farben verſtehen, keineswegeſ trügeriſch ſind, ſondern einen deutlichen und richtigen Sinn haben.

Von dem Sehen mittelſt Bilder.

Die beſondern Erſcheinungen des Sehens durch refraktirtes und reflektirtes Licht ſind für gegebene Fälle der Hauptgegenſtand der vorhergehenden optiſchen Vorleſungen geweſen; allein in Rückſicht ihrer Allgemeinheit wird es nicht ohne Endzweck ſeyn, noch einige Bemerkungen mehr über dieſen Gegenſtand beizufügen.

Das Sehen wirklicher Gegenſtände gerade vor ſich, und das Sehen vermittelſt Bilder, gründen ſich beiderſeits auf einerlei Grundſätze: d. i. gleiche Eindrücke, oder einerlei Art von Bildern auf der Netzhaut erwecken in beiden Fällen ähnliche Ideen, folglich werden Gegenſtände, wenn ſie durch reflektirte oder refraktirte Strahlen geſehen werden, an den Orten ihrer letzten Bilder geſehen. Wenn dieſe Bilder unter mäßigen Entfernungen von dem Auge ſich befinden, ſo werden auch die verſchiedenen Umſtände, wodurch wir die Begriffe von den ſcheinbaren Entfernungen der Objekte bilden, die durch das freie Sehen bemerkt werden, mit in Rechnung gezogen. Allgemein erſcheint jeder ſichtbare Punkt eines Gegenſtands irgendwo in der Richtung der Axe des Strahlenbüſchels, der davon bis zum Auge geht, nachdem er zuletzt refraktirt oder reflektirt worden iſt.

Beim Sehen durch Bilder entgehen uns insgemein verſchiedene Umſtände, vermöge welcher wir gewöhnlicher Weiſe von Diſtanzen urtheilen, und dies eben macht es in den meiſten Fällen ſchwer, den Ort eines Bildes zu beſtim-

men, beſonders wenn es weiter als zwei oder drei Ellen entfernt iſt. Dieſe Schwierigkeiten werden häufig durch einige beſondere Umſtände vermehrt, die bei den Bildern ſich ereignen, woran wir nicht gewöhnt ſind, und in Rückſicht welcher wir verlegen ſind, die erforderlichen Abrechnungen zu machen. Allein wenn das Bild innerhalb den erwähnten Gränzen ſich befindet, ſo können wir in den meiſten Fällen ihren Ort mit hinreichender Genauigkeit beſtimmen: und hier ſowohl als beim unbewafneten Sehen wird, je näher wir den Ort beſtimmen können, von woher die Strahlen zu dem Auge konvergiren, das Bild deſto deutlicher erſcheinen.

Die ſcheinbaren Größen der Gegenſtände, welche durch Reflexion oder Refraktion geſehen werden, ſind entweder genau, oder ſehr nahe ſo wie die Rechtwinkel unter den Geſichtswinkeln und ſcheinbaren Diſtanzen ihrer letzten Bilder. In allen Fällen werden der ſcheinbare Ort, Lage und Figur eines Gegenſtands, der durch refraktirtes oder reflektirtes Licht geſehen wird, wie diejenigen ſeines letzten Bildes ſeyn. Denn die Strahlen, welche von dem Bilde zu dem Auge fortgehen, bilden eine Reihe von phyſikaliſchen Punkten auf die nämliche Art, als ob ſie von einem wirklichen Gegenſtande kämen, und erwecken daher einen Begrif von einem Gegenſtande, der dem Bilde gleich und ähnlich iſt.

Daher ſind wir denn, wie Sie bereits geſehen haben, beim Sehen mittelſt Bilder vielen Täuſchungen ausgeſetzt, deren einige ſowohl unterhaltend als bewundernswürdig ſind; denn nicht nur der Ort eines Bildes, ſondern ſehr oft auch ſeine Lage, Größe, und ſelbſt Figur werden von dem wirklichen Gegenſtande ganz verſchieden ſeyn *).

---

*) Beiſpiele davon liefern Halle's, Wieglebs u. a. Magien.
G.

Da dieſes ein Gegenſtand von der größten Wichtigkeit in der Optik iſt, ſo wird es der Mühe werth ſeyn, noch einige beigängige Umſtände mehr hier anzuführen.

Wenn die Strahlen in einem Büſchel von einem Punkte aus divergiren, und entweder durch Reflexion oder Refraktion wieder mit einander vereiniget werden, ſo bilden ſie alsdann einen leuchtenden Punkt, der demjenigen entſpricht, von welchem ſie divergirten.

Auf dieſe Art wird denn ein neues ſichtbares Objekt gebildet, welches das Bild des andern genannt wird; denn das Auge empfängt jetzt die Strahlen, als ob ſie von dieſem letztern Punkte kämen, und ſchätzt daher den erſten Punkt, daß er an dem Orte des letztern ſich befinde, und da dieſes für jeden Punkt irgend eines Gegenſtands richtig iſt, ſo kann jeder Gegenſtand ſolchergeſtalt wirklich aufs neue gebildet werden, in ſoweit als es unſre Geſichts-Begriffe betrift, ſo wie denn die Strahlen, welche zu dem Auge von dem ſolchergeſtalt erhaltenen Bilde divergiren, und zwar auf eben die Art, als ob ſie gerade von dem Gegenſtande kämen, einen Begrif von dieſem Bilde erwecken, oder von einem Gegenſtande, der ihm ähnlich iſt.

Wenn nun die Strahlenbüſchel, welche von allen Punkten eines Gegenſtands divergiren, jeder derſelben wieder unter den nämlichen Diſtanzen geſammelt werden, ſo können ſie einen neuen ſichtbaren Gegenſtand bilden, der demjenigen gleich iſt, woher ſie kamen: allein wenn die Punkte dieſes neuen Gegenſtands, die das Bild genennt werden, und denjenigen des eigentlichen Gegenſtands entſprechen, in einer größern oder geringern Entfernung ſind, ſo bilden ſie einen neuen ſichtbaren Gegenſtand, der größer oder kleiner iſt als der urſprüngliche. Auf dieſe Art werden wir denn in Stand geſetzt, einen neuen ſichtbaren Ge-

genſtand zu bilden, der uns ſehr nahe, und dem Objekte unter einer großen Entfernung genau ähnlich iſt. Ich nenne dieſes einen ſichtbaren Gegenſtand, weil an dem Orte, wo er gebildet wird, nichts ſich befindet, welches dem Gefühl entſprechende Begriffe erwecken kann, als es in dem Gegenſtande der Fall iſt, woher die Strahlen zuerſt kommen. Allein in Rückſicht unſrer Geſichts-Begriffe, die wir hier blos allein betrachten, iſt dieſes Bild eben ſo gut ein Gegenſtand zu nennen, als der Gegenſtand ſelbſt; das Auge kann daher in Rückſicht des neuen Gegenſtands ſo geſtellt werden, daß er ungleich näher, als der eigentliche Gegenſtand erſcheint; ſo wie denn jeder Gegenſtand um ſo größer erſcheint, je näher er dem Auge iſt.

Nun müſſen wir, in Rückſicht der Helligkeit dieſes neuen ſichtbaren Gegenſtands bemerken, daß wenn das Auge gerade auf irgend einen Gegenſtand ſieht, es nicht mehr Strahlen von irgend einem Punkte erhält, als geradezu in die Pupille eintreten können: allein wenn ein Bild z. B. vermittelſt einer Linſe erzeugt wird, ſo werden alle Strahlen von irgend einem Punkte des Gegenſtands, welcher auf die Linſe fällt, geſammelt, und bilden einen Punkt des Bildes. Wenn nun der Durchmeſſer der Pupille des Auges = 0, 1 Zoll iſt, und der Durchmeſſer der Linſe 5 Zoll beträgt, ſo werden die Grundflächen ſeyn wie 0, 01 zu 25, oder wie 1 zu 2500: es werden daher unter gleichen Umſtänden 2500 mal ſo viel Strahlen geſammelt, um jeden Punkt des Bildes durch die Linſe zu bilden, als in das Auge treten, und das Bild erzeugen, angenommen daß alle Strahlen zurückgeworfen werden. Ob nun aber ſchon die Strahlen von jedem Punkte dieſes Bildes divergiren, welches vermittelſt der Linſe gebildet wird, und daher das Auge, wo es liegt, ſie nicht alle faſſen kann, ſo wird es doch, wenn es nahe genug liegt, einen beträchtlichen Theil faſſen, und nach Verhältniß um ſo mehr, als es ihm näher iſt.

Daher kann die Menge von Strahlen, welche das Auge von irgend einem Punkte dieſes Bildes empfängt, größer ſeyn, als diejenige, welche es von dem Gegenſtande erhält, und ſolchergeſtalt kann das Bild heller ſeyn als der Gegenſtand ſelbſt. Dies ſind einige von den Urſachen, warum irgend ein entfernter Gegenſtand dahin gebracht werden kann, daß er größer und heller erſcheint: und der gewöhnliche Ausdruck, daß der Gegenſtand näher gebracht werde, iſt keinesweges unrichtig; denn der fühlbare Gegenſtand iſt wirklich näher, da er aber keine ſichtbare Begriffe gewährt, ſo nennen wir wir ihn ein Bild des andern; indeſſen iſt es immer ein ſichtbarer Gegenſtand, welcher von den nämlichen Strahlen wie der urſprünglich ſichtbare Gegenſtand gebildet wird. Sehen wir daher auf den ſolchergeſtalt gebildeten Gegenſtand, ſo erlangen wir einen Begrif von dem eigentlichen ſichtbaren Gegenſtande, der unter dem nämlichen Winkel geſehen wird, und von daher ſchließen wir vermöge Verbindung der Begriffe, wie die dem Gefühl entſprechenden Begriffe beſchaffen ſeyn dürften.

Neunzehnte Vorleſung.

Von den Farben.

Ich habe bisher das Licht als einen unzuſammengeſetzten Körper betrachtet, deſſen Theile einander gleich ſind; allein wir wollen ſeine Textur jetzt etwas genauer unterſuchen. Sie werden hieraus ſehen, daß dieſes Fluidum, ſo einfach es auch zu ſeyn ſcheint, doch aus ſehr verſchiedenen Theilchen beſteht, daß es aus mannichfaltig gefärbten Tinten zuſammengeſetzt iſt, und daß vermöge der Beſchaffenheit dieſer Zuſammenſetzung jene reizende Abwechſelung von Schattirungen entſteht, welche die Anſicht der Natur ausmahlt.

Alles Vergnügen, welches wir aus dieſen vortrefflichen Farben ziehen, ſind wir den verſchiedenen Lichtſtrahlen ſchuldig, wenn jeder Gegenſtand diejenigen Strahlen in unſer Auge zurückwirft, als ſeine Oberfläche vornämlich fähig iſt zu reflektiren: in dieſem Sinne können die auffallenden Schönheiten der Roſe, und das beſcheidene Blau der Viole als nicht in den Gegenſtänden ſelbſt, ſondern als in dem Lichte angeſehen werden, was ſie ſchmückt. Geruch, Anmuth und Schönheit der Figur ſind ihnen eigen, allein das Licht iſt es, welches ſie in dieſes Kleid hüllt, das allen Glanz eines Monarchen beſchämt.

Die Phyſiker waren ehedem der Meinung, daß das Sonnenlicht einfach und gleichförmig ſey, ohne irgend

einen Unterſchied oder Aenderung in ſeinen Theilen, und daß die verſchiedenen Farben der Gegenſtände vermöge der Refraktion, Reflexion oder Schatten entſtünden. Allein Newton hat die Irrthümer dieſer ehemaligen Meinungen gründlich widerlegt. So zeigte er, wie man einen einfachen Lichtſtrahl mit der ſtrengſten Genauigkeit theilen könne, und hat bewieſen, daß jeder Strahl an ſich aus verſchiedenen Strahlen zuſammengeſetzt ſey, deren jeder eine verſchiedene Farbe hat, und die getrennt von ganz eigner Natur, einfach und unveränderlich ſind, welche Verſuche auch damit angeſtellt werden dürften. Oder um umſtändlicher zu ſeyn, das Licht iſt nicht allein ähnlich und homogen, ſondern es beſteht auch aus heterogenen und unähnlichen Strahlen, deren einige unter gleichen Umſtänden mehr oder weniger brechbar ſind, ſo wie die am meiſten refrangibeln, auch zugleich am meiſten reflexibel ſind, ſo daß je nachdem ſie an Refrangibilität und Reflexibilität verſchieden ſind, ſie ein Vermögen beſitzen, in uns Empfindungen von verſchiedenen Farben zu erwecken.

Newtons Theorie von Licht und Farben iſt an ſich auffallend und ſchön, und ganz von deutlichen und entſcheidenden Verſuchen hergeleitet, von denen man ſagen kann, daß ſie deutlich beweiſen, 1) daß Licht, welches an Farbe verſchieden iſt, auch in Graden der Refrangibilität verſchieden ſey.

2) Daß das Licht der Sonne, ohnerachtet ſeines gleichförmigen Anſehens, aus Strahlen beſtehe, die verſchiedentlich refrangibel ſind.

3) Daß diejenigen Strahlen, welche mehr refrangibel ſind als andre, auch mehr reflexibel ſind.

4) Daß ſo wie die Lichtſtrahlen an Graden der Refrangibilität und Reflexibilität abweichen, ſo ſie eben auch

in ihrer Neigung verſchieden ſind, dieſe oder jene beſondre Farbe zu erzeugen; und daß Farben keineswegs Eigenſchaften des Lichts ſind, die von den Refraktionen und Reflexionen natürlicher Körper herkommen, wie man allgemein glaubte, ſondern urſprüngliche und verwandte Eigenſchaften, welche in verſchiedenen Strahlen verſchieden ſind, deren einige nur eine rothe und keine andre Farbe geben, andre blos eine grüne, und ſo die übrigen der priſmatiſchen Farben.

5) Daß das Licht der Sonne aus Violet, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange und Rothfarbigen Strahlen beſtehe, die alle in ihren Graden der Refrangibilität und Reflexibilität verſchieden ſind. So ſind die Strahlen, welche rothe Farben geben, am wenigſten refrangibel, diejenigen hingegen von violetter Farbe am meiſten; die übrigen ſind mehr oder weniger refrangibel, je nachdem ſie ſich dieſen Extremen mehr oder weniger nach der Ordnung, als ich angeführt habe, nähern: d. i. Orange iſt nach dem Roth am wenigſten refrangibel, Gelb nach Orange u. ſ. f.; ſo daß dem nämlichen Grade von Brechbarkeit jederzeit die nämliche Farbe gehört, und einerlei Farbe den nämlichen Grad von Refrangibilität beſitzt.

6) Jeder homogene Strahl beſonders betrachtet, wird zufolge einer und der nämlichen Regel refraktirt, ſo daß ſein Sinus des Einfalls zu ſeinem Sinus der Refraktion in einem gegebenen Verhältniſſe iſt; d. i. jeder verſchiedentlich gefärbte Strahl hat ein ihm zugehöriges verſchiedenes Verhältniß.

7) Die Art der Farbe, und der Grad von Refrangibilität und Reflexibilität, der irgend einer beſondern Art von Strahlen zukommt, iſt nicht durch Reflexion oder Refraktion von natürlichen Körpern veränderlich, noch vermöge irgend einer andern Urſache, als bisher bemerkt

worden iſt. Wenn irgend eine Art von Strahlen von denjenigen andrer Arten getrennt worden iſt, ſo behält ſie demohnerachtet ihre Farbe, wenn man ſich auch noch ſo ſehr bemühen dürfte, eine Veränderung darin zu bewirken.

8) Indeſſen können ſcheinbare Verwechſelungen von Farbe Statt finden, wo irgend eine Miſchung von verſchiedenen Arten der Strahlen vorhanden iſt; denn bei ſolchen Miſchungen ſcheinen die komponirenden Farben nur durch ihre gegenſeitige Vermiſchung unter einander eine Zwiſchenfarbe zu machen.

9) Es giebt daher zwei Arten von Farben, nämlich urſprüngliche und einfache, und aus dieſen gemiſchte, ſo wie denn alle Farben in dem Univerſum entweder Farben von homogenem einfachem Lichte, oder aus dieſen unter gewiſſen Verhältniſſen mit einander gemiſchte ſind. Die Farben des einfachen Lichts ſind, wie wir bereits bemerkt haben, Violet, Indig, Blau, Grün, Gelb, Orange und Roth, außer einer unendlichen Menge von zwiſchenliegenden Stuffen. Die Farben des komponirten Lichts ſind verſchiedentlich von jenen einfachen Strahlen zuſammengeſetzt, welche unter verſchiednen Verhältniſſen gemiſcht ſeyn können; ſo giebt eine Miſchung von gelb- und blaufarbigen Strahlen eine grüne Farbe, und eine Miſchung von Roth und Gelb eine Orangefarbe, ſo wie denn durch Komponirung der zwei zunächſt in der Reihe liegenden Farben, als durchs Prisma erhalten werden, deren eine zunächſt am meiſten, die andre zunächſt am wenigſten refrangibel iſt, die Hauptfarbe dargeſtellt werden kann. Allein dies iſt nicht der Fall mit denjenigen, welche in einem zu großen Abſtande liegen; Orange und Indig erzeugen nicht das zwiſchenliegende Grün, noch Scharlach und Grün das zwiſchenliegende Gelb.

10) Die auffallendſte und wunderbarſte Zuſammenſetzung des Lichts iſt die weiße Farbe; es giebt keine Art von Strahlen, welche allein dieſe Farbe erzeugen kann, ſondern ſie iſt immer komponirt und erfordert alle vorher erwähnte Hauptfarben.

11) So wie Weiß von einer häufigen Reflexion der Strahlen aller Arten von Farben erzeugt wird, wenn es ein gehöriges Verhältniß in der Miſchung giebt, ſo entſteht dagegen Schwarz vermöge einer Unterdrückung und Einſaugung des einfallenden Lichts, welches, da es in dem ſchwarzen Körper unterdrückt und gehindert wird, nach außen nicht weiter reflektirt wird, ſondern die Reflexion und Refraktion erfolgt innerhalb dem Körper, bis ſie erſtickt und ſich verliert.

Nachdem ich nun auf dieſe Art mich bemühet habe, Ihnen einen allgemeinen Begrif von der Theorie der Farben zu geben, will ich nunmehr fortfahren, den Gegenſtand vollſtändiger abzuhandeln, und ihn durch die Verſuche, die von Newton ſo beſonders paſſend angeſtellt worden ſind, näher erläutern. Die Sonne ſcheint zu unſerm Vorhaben beſonders günſtig, weswegen wir denn in das verfinſterte Zimmer gehen wollen. Ich bin, wie Sie ſehen, beſonders ſorgſam geweſen, alles Licht von dem Zimmer auszuſchließen, außer was durch das Rohr geht, das ich in dem Fenſterladen befeſtiget habe. Ich laſſe jetzt einen Lichtſtrahl durch eine Oefnung in dieſem Rohre von ohngefähr dem vierten Theil eines Zolls im Durchmeſſer. Der Strahl geht durch die Oefnung, und bildet auf dem Boden ein beinahe kreisförmiges Bild der Sonne. Jetzt lege ich mein Glasprisma ſo, um den Lichtſtrahl aufzunehmen, und Sie ſehen, wie ſchön dieſer Strahl in verſchiedene farbige Strahlen refraktirt wird. Der zilindriſche Lichtſtrahl geht in das Prisma, wird hier ausgebreitet, und vermöge der Refraktion in eine längliche Form

gebracht, die an der entgegengeſetzten Seite des Zimmers den ſo auffallenden Anblick von Farben giebt. Das Priſma iſt an jedem Ende dreieckig, ohngefähr 6 Zoll lang, und an den drei Seiten polirt. Ich habe es parallel mit dem Horizonte gelegt, ſo daß ſeine Axe ſenkrecht gegen den Lichtſtrahl iſt. Wendet man nun das Priſma allmählich um ſeine Axe, ſo ſehen Sie, daß das refraktirte Licht an der Wand, oder das farbige Bild der Sonne, erſtlich herabſinkt, ſodann aber aufſteigt; zwiſchen dieſem Aufſteigen und Niederſteigen, d. i. wo das Bild bleibend iſt, wird ſodann das Priſma feſte geſtellt, weil in dieſer Lage die Refraktionen des Lichts an den zwei Seiten zu einander gleich ſind.

Wollen Sie daher, daß die Refraktionen zu beiden Seiten des Priſma gleich ſind, ſo müſſen Sie den Ort bemerken, wo das Bild auf der Wand ſtille ſteht, oder den mittlern Punkt zwiſchen zwei entgegengeſetzten Bewegungen, und daſelbſt das Priſma feſte ſtellen. Ich werde alle folgende Verſuche mit dem Priſma in dieſer Lage anſtellen, wenn ich nicht beſonders einer andern Stellung erwähne.

Das refraktirte Licht fällt ſenkrecht auf ein Blatt weiß Papier, welches an der gegenüber ſtehenden Wand des Zimmers angebracht iſt, wo ein längliches (nicht ovales) Bild des Sonnenflecks gebildet wird; es wird von zwei geradlinichten und parallelen Seiten und zwei halbkreisförmigen Enden begränzt; die Seiten haben einen ſchärfern Umriß als die Enden, welche verzerrt und undeutlich ſind, weil das Licht an den Enden allmählich aufhört und verſchwindet.

Das untere Ende iſt roth, darüber liegt Orange, nachher Gelb, ſodann Grün, Blau, Indig und endlich Violet, welches in dem obern Theile des Bildes liegt. Es giebt, wie Sie ſehen, unzählbare

Stuffen, welche ſich mit den Hauptfarben verbinden und vereinigen, indem jede Farbe nach und nach gewiſſermaßen in die folgende übergeht. Indeſſen werden Sie nicht immer im Stande ſeyn, die ſieben Farben deutlich zu unterſcheiden, da ein ſehr gutes Priſma, und große Aufmerkſamkeit und Genauigkeit bei Anſtellung des Verſuchs erfordert wird, um zu verhindern, daß einige derſelben, die einander beinahe gleich kommen, ſich nicht miteinander vermiſchen: allein Sie werden jedoch nie fehl gehen, um fünfe derſelben deutlich bemerkt zu ſehen, wo das untere Roth allmählich in Gelb ſich neigt, das Gelbe in ein dichtes Grün übergeht, darüber ein helles und lebhaftes Blau, und ſodann ein ſanftes aber vortreffliches Mazarin oder Violet.

Die Breite der Vorſtellung entſpricht der Breite des kreisförmigen Bildes der Sonne. Hätte das Priſma einen kleinern Winkel, ſo würde die Länge des Bildes geringer ſeyn. Wenn ich das Priſma ſo drehe, daß die Strahlen ſchiefer hervorgehen, ſo wird das Bild gegen ein oder zwei Zoll länger; allein wende ich es in entgegengeſetzter Richtung, ſo daß ich die Strahlen ſchiefer auf die Seite zunächſt der Oefnung fallen laſſe, ſo wird es um ein bis zwei Zoll kürzer: bei Wiederhohlung des Verſuchs müſſen Sie daher ſorgfältig Acht geben, daß Sie das Priſma ſo ſtellen, daß die Refraktion zu beiden Seiten gleich werde.

Dieſer Verſuch iſt Taf. VI. Fig. 9. vorgeſtellt. T iſt das Rohr, wodurch der Lichtſtrahl in das Zimmer tritt, und in der Richtung ToI fortgeht, allein er wird aus dieſer Richtung durch ein Priſma SPD gewendet, deſſen Axe ſenkrecht gegen den Strahl iſt; vermittelſt deſſen werden die Strahlen ſo refraktirt, daß ſie ein farbiges Bild MN auf dem Schirme KL machen. Die am meiſten refrangibeln Strahlen werden gegen M geworfen, am

weiteſten von I, allein die am wenigſten refrangibel ſind, werden weniger aus ihrem Wege gebogen, und fallen auf einen Theil des Schirms N und am näheſten gegen I, indeß diejenigen, welche in zwiſchenliegenden Graden refrangibel ſind, zwiſchen M und N fallen, und anſtatt eines kreisförmigen Raums ein langes Bild machen, welches durch geradlinichte Seiten und kreisförmige Enden begränzt wird, und deſſen Länge unter rechtem Winkel gegen die Richtung der Axe des Priſma iſt.

Die Größe der Oefnung in dem Fenſterladen, die verſchiedentliche Stärke des Priſma, wodurch die Strahlen gehen, die verſchiedenen Neigungen des Priſma gegen den Horizont, und die verſchiedenen Höhen der Sonne machen keine merkliche Veränderung in der Länge des Bildes, auch hat die verſchiedene Materie keinen Einfluß, woraus das Priſma gemacht worden iſt. Mit einem Priſma, deſſen refraktirender Winkel 62½ bei 18½ Fuß vom Priſma iſt, iſt die Länge des Bildes gegen 9¾ bis 10 Zoll. Da man nicht immer Sonnenlicht haben kann, ſo habe ich ein kleines Modell mit gefärbten ſeidenen Schnüren gemacht, um die Beſchaffenheit und das Verhältniß der gefärbten Strahlen zu zeigen, welche von einem Priſma erhalten werden.

Wenn die Strahlen gleichmäßig refrangibel wären, d. i. gleichmäßig geneigt gegen die Oberfläche des Priſma beim Ein- und Austritte, ſo würde ihre Richtung blos verändert werden; das Bild würde ein Kreis ſeyn, wie man hinreichend deutlich aus folgender Figur ſehen kann. Es ſey ABC Taf. VI. Fig. 8. ein Durchſchnitt eines dreieckigen Priſma unter rechten Winkeln mit ſeiner Axe. Man nehme an IN ſey ein einfallender Strahl bei N, und werde von daher bei E an der Oberfläche CB refraktirt, wo er wieder in die

Lage EM refraktirt wird. Es ſey in ein andrer Strahl, parallel mit dem erſtern, und folglich bei n unter dem nämlichen Winkel einfallend.

Wenn nun der Strahl in einerlei Neigung hat durch das Priſma refraktirt zu werden, wie der Strahl IN, ſo werden die Winkel der Refraktion ebenfalls gleich ſeyn, und in wird, wenn er in den Richtungen ne und me refraktirt worden iſt, noch fortfahren, mit dem Strahle IN parallel zu ſeyn, welcher in NE und EM refraktirt wird.

Allein iſt er mehr refrangibel, ſo wird er in andre Richtungen, als nf und fg refraktirt, die mehr gegen die Grundfläche AC ſich neigen, oder iſt er weniger refrangibel, ſo wird er in Richtungen, wie nh und hk refraktirt, welche weniger gegen die Grundfläche AC ſich neigen.

Man ſieht hieraus, daß wenn ein Büſchel von Strahlen parallel gegen einander auf die eine Seite eines Priſma fallen, und nicht parallel mit einander bei ihrem Ausgange fortfahren, einige der Strahlen mehr refrangibel ſeyn müſſen als andre.

Der vorhergehende Verſuch mit dem Priſma beweiſt alſo, daß das Licht der Sonne aus Strahlen beſteht, deren Refrangibilitäten nicht alle einerlei ſind; denn nachdem ſie von dem Priſma ausgegangen, werden ſie, anſtatt einen kreisförmigen Raum zu erleuchten, in einen langen Raum vertheilt, der durch geradlinichte Seiten und kreisförmige Enden begränzt iſt, und deſſen Länge unter rechten Winkeln mit der Axe des Priſma ſich befindet.

Man drehe das Priſma, welches ſo gelegt iſt, daß die Axe ſenkrecht gegen den Lichtſtrahl ſey, um das Bild ſtillſtehend zu machen, und halte es daſelbſt feſt; wenn

dies geſchehen iſt, ſehe man durch das Priſma gegen die Oefnung, ſo wird die Länge des Bildes; um vielemal größer ſeyn als die Breite, und der am meiſten refraktirte Theil iſt violet, der am wenigſten refraktirte aber roth, die mittlern Theile ſind blau, grün, gelb, der Ordnung nach.

Nunmehr nehme man das Priſma aus dem Sonnenſtrahl und ſehe durch daſſelbe gegen die Oefnung, wo die nämliche Erſcheinung Statt finden wird; wenn alle Strahlen gleichmäßig refraktirt würden, ſo würde die Oefnung rund erſcheinen, ſo wie ſie durch das Priſma refraktirt wird. Dieſer alſo, ſo wie der vorhergehende Verſuch, beweiſt, daß unter gleichem Einfalle eine beträchtliche Ungleichheit der Refraktion Statt findet. Außer der verſchiedenen Refrangibilität zeigen die vorhergehenden Verſuche auch einen andern merkwürdigen Unterſchied zwiſchen den Strahlen, nämlich, daß die verſchiedene Refrangibilität der Strahlen mit einer Verſchiedenheit in der Farbe vereinigt iſt, und daß alle Strahlen, ſo wie ſie mehr oder weniger vermöge der Refraktion gebogen werden, eine Farbe haben, die ihnen eigen iſt.

Um nun dieſen Gegenſtand deutlicher zu machen, und um zu zeigen, daß dieſe Erſcheinungen nicht zufällig ſind, ſondern in der That anhängende Eigenſchaften des Lichts, verſuchte Sir J. Newton, welches der Erfolg von Brechung der Lichtſtrahlen zum zweitenmale ſeyn würde: zu dieſer Abſicht ließ er das durch das erſte Priſma refraktirte Licht auf ein zweites Priſma fallen, welches ohngefähr einen Fuß von dem erſtern geſtellt war: das erſte Priſma war in einer horizontalen, das zweite in einer vertikalen Lage. Durch dieſes zweite Priſma wurde jetzt ein Bild gemacht, welches ſowohl in der Ordnung der

Farben, als auch in ſeinen Dimenſionen demjenigen bei dem erſten Verſuche ähnlich war, nur mit dieſem Unterſchiede, daß es jetzt nicht in einer vertikalen, ſondern in einer geneigten Lage ſich befand. Würden nun die Wirkungen blos vermöge einer Modifikation des Lichts durch das Priſma erzeugt, ſo ſollte das zweite das Bild in der Breite machen, als das erſte es in der Länge macht, und ſo eine viereckige Anſicht geben, welches aber nicht der Fall iſt. Die Neigung des Bildes wird blos vermöge der ungleichen Refrangibilität erzeugt, indem diejenigen Strahlen, welche am meiſten durch das erſte Priſma gebogen worden, es auch durch das zweite ſind, da der obere Theil in beiden Priſmen eine größere Refraktion erleidet, und der untere Theil eine geringere, eben ſo wie vorher der obere Theil violet, und der untere roth erſcheint.

Taf. VI. Fig. 10. iſt ein Diagramm, um dieſen Verſuch zu erläutern. AB ſtellt das zweite Priſma in einer vertikalen Lage vor, damit es die Strahlen nochmals refraktiren könne, welche von dem erſten herkommen. Vermöge des erſten Priſma werden die Strahlen aufwärts, durch das zweite aber ſeitwärts refraktirt; durch das erſte werden ſie nach mn refraktirt, indeß MN das Bild iſt, welches durch die Refraktion der zwei Priſmen entſteht. Die Breite des Bildes wird nicht vermehrt, der obere Theil erleidet in den beiden Priſmen eine größere und der untere eine geringere Refraktion.

Wenn ein drittes, und ſelbſt ein viertes Priſma auf gleiche Art nach dem zweiten geſtellt wird, ſo wird das Reſultat das nämliche ſeyn, ſo wie denn die am meiſten refrangibeln Strahlen ebenfalls noch am meiſten, und die am wenigſten auch am wenigſten refraktirt werden, während dem ihre Farben unverändert bleiben.

Wir wollen jetzt zu einem andern Verſuche übergehen. Hier wird zuerſt das Licht durch ein Priſma gelaſſen, allein das gefärbte Bild wird auf einem Schirme aufgefangen, den ich in die Mitte des Zimmers geſetzt habe; in dieſem Schirme iſt eine Oefnung, wodurch die Strahlen irgend einer einzelnen Farbe allein gelaſſen werden können, wenn man den Schirm höher oder tiefer ſtellt. So ſtelle ich z. B. die Oefnung gegen den blauen Theil des Bildes, ſo daß nur allein die blauen Strahlen durchgehen; dieſe werden nun wieder durch ein Priſma refraktirt, und Sie ſehen, daß die blauen Strahlen, nachdem ſie durch das Priſma gegangen, einerlei bleiben wie vorher, und ohne irgend eine Veränderung ein blaues Bild an der gegenüber liegenden Seite der Wand machen, deſſen Figur kreisförmig iſt. Die Richtung des Strahls wird verändert, allein die Strahlen werden nicht ausgebreitet, oder in verſchiedene Arten getrennt, wie der gewöhnliche Lichtſtrahl durch das erſte Priſma. Ich bewege jetzt den Schirm zu den gelben Strahlen, die wie Sie ſehen, auf das zweite Priſma fallen, und gegen die Seite des Zimmers refraktirt werden, wo ſie blos einen gelben Fleck bilden, welches auch bei allen übrigen Farben der Fall iſt, indem keine derſelben durch Refraktion verändert wird. Lege ich nun irgend kleine Körper in dieſe kreisförmigen Bilder, ſo werden ſie von der nämlichen Farbe wie das Bild erſcheinen, roth im rothen Lichte, grün im grünen Lichte u. ſ. f. mithin die Farben durch Reflexion auf keine Art verändert werden. Sehen Sie ſodann auf irgend einen dieſer Flecke durch ein Priſma, ſo behalten ſie auch noch ihre Farbe, und werden der Länge nach nicht ausgedehnt oder erweitert, ſo daß mithin das homogene Licht in keinem Falle irgend eine Art der Veränderung erleidet.

Aus allen Verſuchen, welche angeſtellt worden ſind, ſieht man, daß diejenigen Strahlen, welche zuerſt am

meiſten refraktirt worden, jederzeit auch weiterhin am meiſten refraktirt werden, ſo wie diejenigen, wo die Refraktion am geringſten geweſen, auch weiterhin am wenigſten refraktirt werden. Man ſieht alſo hieraus offenbar, daß jeder Lichtſtrahl einen beſondern Grad der Refrangibilität beſitzt, welcher durch keine Refraktionen oder Reflexionen verändert werden kann, ſondern beſtändig und unveränderlich einerlei bleibt.

Die verſchiedene Refrangibilität der Lichtſtrahlen iſt eine Urſache der Undeutlichkeit in Körpern, welche durch ein refraktirendes Medium geſehen werden, denn dieſes wird Gelegenheit geben, daß die verſchiedenen Strahlen, welche von einerlei Punkte herkommen, gegen verſchiedene Punkte der Netzhaut refraktirt werden. Auf dieſe Art werden kleine Gegenſtände, welche in einen Sonnenſtrahl gelegt, und durch ein Prisma betrachtet werden, nur ſehr undeutlich geſehen, dahingegen, wenn ſie in einem Strahle von homogenem Lichte liegen, welcher durch ein Priſma getrennt worden iſt, ſie durch ein Priſma eben ſo deutlich geſehen werden, als mit bloßen Augen.

Da das refraktirte Licht von allen irdiſchen Körpern das Sonnenlicht iſt, ſo können wir aus den vorhergehenden Verſuchen ſicher ſchließen, daß das von allen Körpern reflektirte oder abgebogene Licht aus Strahlen beſtehe, die verſchiedentlich refrangibel ſind: dies wird ferner noch daraus deutlich, weil, wenn Sie auf irgend einen Gegenſtand durch ein Priſma ſehen, Sie dieſen Gegenſtand immer mit Farben tingirt ſehen werden. So gebe man irgend einem kleinen Theile eines Körpers ein ſtarkes Licht, und betrachte ihn durch ein Priſma, ſo werden Sie ein längliches Bild mit allen Farben haben; ein Stern, eine Lampe, ein Licht, eine brennende Kohle, ein rothglühendes

Eiſen, oder irgend eine brennende Materie, wenn ſie durch ein Priſma betrachtet wird, wird Ihnen einerlei Erſcheinungen geben.

Eine vollſtändige Zergliederung darüber finden Sie in Sir J. Newtons Optik, wo dieſer Gegenſtand auf verſchiedene Art unterſucht, und die Natur tauſenderlei Prüfungen unterworfen iſt, um in den Folgerungen auf einen ſichern Grund zu gelangen. Es iſt mir unmöglich, Ihnen in dieſen Vorleſungen einen vollſtändigen Begrif von ſeinem Verfahren zu geben; indeſſen wird es hinreichend ſeyn, wenn Sie hier nur ſo viele Kenntniſſe erlangen, daß Ihre Aufmerkſamkeit angefacht werde, dieſen Gegenſtand vollſtändiger und genauer zu unterſuchen. Nachdem ich Ihnen nun vermöge der vorhergehenden Verſuche gezeigt habe, daß das Licht der Sonne aus verſchiedentlich refrangibeln Strahlen beſtehe, ſo will ich mich nunmehr bemühen, Ihnen zu beweiſen, daß die Lichtſtrahlen, welche an Farbe verſchieden ſind, auch in ihrer Refrangibilität verſchieden ſind.

Es iſt in der That nicht immer erforderlich, daß das Urtheil auf Beweis gegründet ſey, um völliges Zutrauen zu gewinnen, da Beweis ſo ſelten zu finden iſt. Es iſt daher nützlich, die Kunſt zu ſtudieren, richtig aus Wahrſcheinlichkeiten zu urtheilen, welche, wenn ſie gehörig unterſchieden werden, einen hinreichenden Grund zu unſerm Zutrauen geben, bis etwa ein neues Licht hervorbricht, oder Umſtände ſich ereignen, worauf ein neues Urtheil mit ähnlicher Genauigkeit gebildet werden kann. Es iſt thöricht, wenn wir unbedingte Gewißheit erwarten wollen, und immer unentſchloſſen und ſchwankend bleiben; aus Furcht, irgend auf etwas Zutrauen zu haben, wovon wir keine ſolche Gewißheit haben, und ſie auch nirgends finden, heißt umgeben

mit Zweifeln leben, ohne vermögend zu ſeyn, auf irgend etwas zu fußen. Sie können verſichert ſeyn, daß ein gewiſſer Muth ſowohl als Vorſicht erforderlich iſt, theils die Freiheit der Gedanken zu ſichern, theils einen Weg zu öfnen, um in irgend einer Kunſt fernere Fortſchritte zu thun.

Hier iſt ein längliches Stück Papier, deſſen eine Hälfte ſtark mit Roth, die andre Hälfte aber mit Blau gefärbt iſt; man lege es auf dieſes Stück ſchwarzes Tuch nahe am Fenſter, wo es ſtark erleuchtet werden wird; ſo beſehe man es jetzt durch ein gläſernes Priſma, halte es parallel dagegen und gegen den Horizont mit dem refraktirenden Winkel aufwärts, wo denn das Papier gebrochen und in zwei Theile getheilt erſcheinen wird, die blaue Hälfte wird nämlich durch die Refraktion höher gehoben als die rothe. Wenden Sie den refraktirenden Winkel des Priſma unterwärts, ſo daß das Papier durch die Refraktion tiefer zu liegen kommt, ſo wird die blaue Hälfte tiefer als die rothe ſeyn. Dieſer Verſuch zeigt daher deutlich, daß das Licht von dem Blauen mehr refraktirt wird, und daher brechbarer iſt, als das Licht von dem Rothen.

Ich will jetzt einen Faden von ſchwarzer Seide verſchiedenemale um ein Stück Papier winden, deſſen eine Hälfte ſo wie dasjenige gefärbt iſt, deſſen wir uns in dem vorigen Verſuche bedienten, und der Faden erſcheint, als ob ſo viele Linien auf die Farben gezogen wären. Man verfinſtre das Zimmer, und ſtelle das Papier ſenkrecht gegen die Wand, ſo daß eine von den Farben rechter Hand, die andre aber linker Hand ſtehe, nunmehr erleuchte man es ſtark vermittelſt eines Lichts, indeß ich durch eine Linſe von einem langen Fokus die Strahlen ſammle, um ein Bild des gefärbten Papiers auf dem weißen Schirme zu erhalten, und wo der Schirm ohngefähr in der nämlichen

Entfernung von der Linſe ſteht, als die Linſe von dem gefärbten Papiere entfernt iſt.

Man bewege nunmehr den Schirm rück- und vorwärts, um zu finden, wo die Bilder der blauen und rothen Theile des Papiers am deutlichſten werden: man ſieht dieſes Licht vermittelſt der Bilder der ſchwarzen ſeidnen Fäden, ſo wie Sie denn finden werden, daß wo die rothe Hälfte deutlich erſcheint, die blaue Hälfte undeutlich iſt, und im Gegentheil, wenn die blaue Hälfte deutlich iſt, die rothe ſo undeutlich wird, daß die ſchwarzen Linien kaum ſichtbar werden: der Raum zwiſchen dieſen zwei Lagen des Papiers iſt ohngefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll, wenn der Abſtand des Papiers von der Linſe ohngefähr 6 Fuß iſt. Da der Fokalabſtand der rothen Strahlen länger iſt als derjenige der blauen Strahlen, ſo iſt dieſes ein Beweis, daß die blauen Strahlen mehr refrangibel ſind, als die rothen; und wir erhalten ſolchergeſtalt einen neuen Beweis des Unterſchieds in der Refrangibilität von den verſchiedenen Fokalabſtänden, unter denen die Strahlen von verſchiedenen Farben fortgehen, denn diejenigen, deren Strahlen am meiſten refrangibel ſind, müſſen unter dem kürzeſten Abſtande geſammelt und vereiniget werden. Strahlen alſo, welche in ihrer Farbe verſchieden ſind, ſind auch in ihren Graden der Refrangibilität verſchieden.

Die verſchiedene Refrangibilität der Lichtſtrahlen iſt ein großes Hinderniß in Rückſicht der Vollkommenheit der Teleſkope und Mikroſkope. Dies iſt eine hinreichend offenbare Folgerung aus unſerm letztern Verſuche, denn keine Strahlen, welche von einem Punkte ausfahren, können vermittelſt einer Linſe auf einen einzeln Punkt geſammelt werden.

Zufolge dem, was bisher erwähnt worden iſt, ſieht man denn auch deutlich, daß wenn das Sonnenlicht blos aus einer Art von Strahlen beſtünde, nur eine Farbe in der Welt ſeyn würde, oder mit andern Worten, alles würde von der nämlichen Farbe ſeyn.

Von einem Verſuche zum andern wurde denn ſolchergeſtalt Sir J. Newton dahin geführt, was er Experimentum crucis nennt, welchen Verſuch ich Ihnen denn auch ſo anführen will, daß Sie im Stande ſind, ihn bei Muße zu wiederhohlen, da wir bereits ſo viele Zeit verwendet haben, als auf dieſen Gegenſtand verwendet werden kann. Er nahm zwei ſchwache Breter, und legte das eine derſelben dichte hinter das Priſma am Fenſter ſolchergeſtalt, daß die Mitte des refraktirten Lichts durch die Oefnung dringen konnte, die in demſelben gemacht worden, der übrige Theil aber durch das Bret gehindert, und denn an dem andern Brete refraktirt wurde, welches ohngefähr unter einer Entfernung von 12 Fuß geſtellt war; nachdem er nun eine kleine Oefnung auch in das zweite Bret gemacht hatte, und es ſo geſtellt, daß die Mitte des refraktirten Lichts, welche durch die Oefnung in dem erſtern Brete kam, durch diejenige des zweiten Brets gehen konnte, indeß das übrige, welches von dem Brete abgehalten wurde, darauf das gefärbte Bild der Sonne mahlen konnte.

Er legte ſodann ein andres Priſma hinter das zweite Bret, ſo daß das Licht, welches durch beide Breter ging, auch durch dieſes gehen konnte, und nochmals refraktirt würde, ehe es bis zur Wand gelangte.

Nachdem dies geſchehen war, nahm er das erſte Priſma in ſeine Hand, und drehete es um ſeine Axe, um ſolchergeſtalt die verſchiedenen Theile des Bildes auf das zweite Bret zu werfen, daß es nach und nach durch die

Oefnung in demſelben ginge, und auf das Priſma hinter demſelben fiel, um beobachten zu können, auf welche Stellen an der Wand ſie durch das zweite Priſma refraktirt würden; ſo ſchien es ihm denn, daß das Licht, welches am meiſten durch das zweite Priſma refraktirt wurde, und zu dem höhern Theile der Wand ging, ſo wie das Licht, welches durch das erſte Priſma am wenigſten refraktirt wurde, auch am wenigſten durch das zweite Refraktion erlitt, und daß das am meiſten refrangible violet, das am wenigſten aber roth war. Während dem Verſuche blieben die zwei Breter und das zweite Priſma unverändert, auf welche Art denn der Einfall darauf immer einerlei war, und daher ohne irgend einen Unterſchied in dem Medium einige derſelben mehr refraktirt wurden als die andern, und daß zufolge ihrer verſchiedenen Grade von Refrangibilität ſie durch das Priſma zu verſchiedenen Theilen der Wand durchgelaſſen wurden.

Taf. VI. Fig. 11. iſt VTS das Priſma, welches zuerſt das Sonnenlicht erhält; dieſes wird denn refraktirt und fällt auf die Mitte des Brets PXQ, wovon der mittlere Theil auf das zweite Bret pxq fällt. Wendet man nun das Priſma VST allmählich ab und zu um ſeine Axe, ſo wird das Bild ſich auf- und ab bewegen, ſo daß alle Theile von einem Ende bis zum andern nach und nach durch die Oefnung g durchgelaſſen werden können. ast iſt ein andres Priſma, um das Licht zu refraktiren, welches durch die Oefnung g auf den Schirm YZy geht. Da die Lage der Oefnungen beſtändig einerlei blieb, ſo war der Einfall der Strahlen auf das zweite Priſma in allen Fällen der nämliche, indeſſen werden bey dieſem gemeinſchaftlichen Einfalle einige Strahlen mehr, andre weniger refraktirt.

Die Lichtſtrahlen, welche auf eine reflektirende Oberfläche unter einerlei Winkel fallen, wenn ſie ganz reflektirt werden, werden unter dem nämlichen Winkel reflektirt; folglich wird es keine ſolche Trennung im Grade der Lichtſtrahlen durch Reflexion geben, als es durch Refraktion der Fall iſt. Dies kann vollkommen bewieſen werden. Ich will hier dieſen flachen Spiegel in eine horizontale Lage ſtellen, ſo daß er dieſen Lichtſtrahl von der Oefnung in dem Fenſterladen erhält, und er hierdurch, wie Sie ſehen, an die gegenüberliegende Wand reflektirt werde; die Figur des reflektirten Lichts iſt kreisförmig wie die Oefnung, allein es findet keine Trennung der Strahlen wie bei der Refraktion Statt, noch werden irgend Farben durch die Reflexion erzeugt, ſondern die Strahlen, welche den nämlichen Einfall haben, laufen parallel miteinander nach der Reflexion, und werden unter einerlei gleichen Winkeln reflektirt, obſchon die am meiſten refrangibeln am geſchwindeſten reflektirt werden, wenn ſie ſich aus einem dichten in ein dünnes Medium fortbewegen, ein Umſtand, welcher nicht im geringſten den gegenwärtigen Satz trift.

Indeſſen werden die Strahlen des Sonnenlichts, welche refrangibel ſind, auch mehr reflexibel als andre. KLI Taf. VI. Fig. 12 ſtellt ein Prisma vor; der Winkel K iſt ein rechter Winkel; die andeen Winkel L, I ſind einander gleich; TM iſt ein Lichtſtrahl, welcher durch die Oberfläche KI geht, und bei N auf LI einfällt. Er wird jetzt in der Richtung MS ausfahren; allein wenn der Winkel des Einfalls bei M ſo iſt, daß der Sinus des Winkels der Refraktion dem Radius gleich iſt, ſo kann, wenn der Winkel der Refraktion ein rechter wird, der Strahl nicht ausfahren, ſondern er wird ganz reflektirt.

Vermittelſt Wendung des Priſma allmählich um ſeine Axe, bis alles Licht, welches durch einen feiner Winkel ging, und dadurch refraktirt wurde, anfieng bei ſeiner Grundfläche reflektirt zu werden, fand Sir J. Newton, daß diejenigen Strahlen, welche die größte Refraktion erlitten hatten, früher reflektirt wurden als die übrigen; er ſahe daher ein, daß diejenigen Strahlen des reflektirten Lichts, welche am meiſten refrangibel waren, unter allen zuerſt vermöge einer gänzlichen Reflexion, häufiger in dieſem Lichte wurden, als die übrigen; und daß nachher die übrigen auch vermöge einer gänzlichen Reflexion ſo häufig wurden als jene. Um dieſes zu verſuchen, ließ er den reflektirten Strahl Taf. VI. Fig. 12 durch ein andres Priſma TVX gehen, welches ſo geſtellt war, daß ſeine komponirenden Farben durch Refraktion getrennt wurden; OM, der reflektirte Strahl, alsdenn das Licht, welches zuerſt anfängt, reflektirt zu werden und faſt ganz aus violettem Lichte beſteht, wurden durch das zweite Priſma ſolchergeſtalt refraktirt, daß ſie auf q fielen, und eine violette Farbe machten. So wie das erſte Priſma um ſeine Axe gedrehet wird, wird das Licht immer häufiger reflektirt, und die Farben zwiſchen q und r erſcheinen nach und nach, bis die rothe zum Vorſchein kommt, wo denn, wenn die Reflexion vollkommen wird, die Farben, welche durch Refraktion bei QRS entſtehen, verſchwinden, ſo wie diejenigen bei qrs erſcheinen.

Zu Anfange dieſer Vorleſung bemerkte ich, daß keine einzige Art von Strahlen Weiß gäbe; es iſt dieſe Farbe die auffallendſte und ſonderbarſte Zuſammenſetzung aller Farben des Priſma vereint. Weiß, oder das Sonnenlicht iſt jederzeit zuſammengeſetzt, ſo wie denn alle Hauptfarben in gehörigem Verhältniſſe gemiſcht, zu deſſen Bildung erforderlich ſind. Ich will dies durch einen der berühmteſten und einfachſten Verſuche des Sir J. Newton erläutern.

Ich verfinſtere jetzt unſer Zimmer wieder, und refraktire, wie bei dem erſten Verſuche, einen Lichtſtrahl vermittelſt eines Priſma, und nehme deſſen Bild auf dem Schirme auf. Wir wollen jetzt den Schirm wegnehmen, und dieſe Linſe ſo halten, daß die refraktirten Strahlen darauf fallen können; dieſe, wie ſie ſehen, ſammelt das gefärbte Licht, welches von dem Priſma divergirte, um ſich in ihrem Fokus zu vereinigen und wieder mit einander zu verbinden, wo ſie auf einem dahinter gehaltenen Stücke Papier das Sonnenlicht dichte gefärbt haben. Die Strahlen ſind nicht, wie Sie ſehen, ſobald durch die Linſe gegangen, als ſie anfangen ſich zu vermiſchen, und einander zu vertilgen, und das ſchöne harmoniſche Verhältniß zu verlieren, welches vorher in den Räumen des gefärbten Bildes Statt fand. So wie Sie nun das Papier von der Linſe entfernen, werden ſich die Farben mehr und mehr einander nähern, und ſo wie ſie ſich mit einander vermiſchen, werden ſie mehr und mehr verdünnt. Jetzt ſind ſie in dem Fokus, und, wie Sie ſehen, werden ſie vollkommen mit einander gemiſcht, die Farben verſchwinden ganz, und werden weiß, wo ſie ein kleines kreisförmiges Bild machen, welches vollkommen weiß iſt; das Roth entfaltet nicht länger mehr ſeine lebhafte Flamme, das Grün trägt nicht mehr das Gewand des Frühlings, noch das Blau das leuchtende Kleid des Himmels, ſondern alle mit einander gemiſcht geben das Weiß der Sonne, von woher ſie ſtammten. Man rücke das Papier noch weiter ab, ſo daß es die Strahlen aufnimmt, nachdem ſie ſich in dem Fokus gekreuzt haben, und Sie ſehen, ſo wie ſie divergiren, daß ſie wieder ihren Glanz und ihre Farbe erneuen, allein in entgegengeſetzter Ordnung, ſo daß das Roth jetzt ober- und das Violet unterhalb iſt. Dieſe Wiedererſcheinung der Farben außerhalb dem Orte, wo ſie mit einander vereinigt waren, iſt ein fernerer Beweis der Unveränderlichkeit der Hauptfarben, indem es

zeigt, daß ſie niemals ihre Farbe oder Eigenſchaft verlieren, wenn ſie mit einander verbunden werden, oder ſich mit einander verweben, und daß das Weiß, welches zum Vorſchein kommt, blos vermöge ihrer Vermiſchung erzeugt wird.

Das Weiß entſteht von allen Farben des Bildes, denn wenn einer von den Strahlen in ſeinem Durchgange unterbrochen wird, ſo hört die Weiße auf, und artet in diejenige Farbe aus, welche aus der Zuſammenſetzung derjenigen entſteht, welche nicht unterbrochen wurden, ſondern durch die Linſe durchgingen; läßt man nun die unterbrochene Farbe wieder durchgehen, und auf die zuſammengeſetzte fallen, ſo wird unmittelbar die Weiße wieder hergeſtellt werden.

Daß bei Bildung des Weiß die Strahlen keine Veränderung erleiden, ſo wie ſie in einander wirken, iſt offenbar; denn wenn Sie das Papier über den Fokus der Linſe hinaus halten, und die rothe Farbe abhalten, ſo leidet das Violet keine Veränderung, ſo wie denn auch das Roth nicht verändert wird, wenn das Roth unterbrochen wird, und man das Violet durchgehen läßt.

Wenn das Papier in den Fokus gehalten wird, und Sie durch ein Priſma auf das weiße kreisförmige Bild ſehen, ſo werden Sie ein gefärbtes Bild haben; man fange jetzt einen Strahl auf, während dem das Bild ſolchergeſtalt unterſucht wird, und laſſe ihn ſodann wieder gehen, ſo wird die Farbe erſcheinen und verſchwinden, ſo oft als der Verſuch wiederhohlt wird, indeß die zurückbleibenden Farben keine Veränderung erleiden, welches deutlich zeigt, daß eine Farbe von einer, die andre von einer andern Art von Strahlen abhängt. So vollſtändig und entſcheidend ſind die Verſuche des Sir J. Newton, daß ſie nicht allein den Satz beweiſen, deſſen nähere Er-

klärung ſie vornämlich zur Abſicht hatten, ſondern daß ſie auch zu gleicher Zeit der Gewißheit andrer Sätze neue Stärke geben.

So überzeugend nun auch ſchon dieſe Verſuche waren, ſo erfand doch die immer rege Einbildungskraft des Newton noch neue, die, ſo verſchieden ſie auch von einander waren, doch alle dahinausgingen, das nämliche zu beweiſen; ſie ſchienen unter ſeinen Händen zu wachſen, wie Frühlingsblumen unter den Füßen der Dichter *). Er gab ein Inſtrument an, welches die Geſtalt eines Kammes hatte, mit Zähnen 1½ Zoll breit, und 2 Zoll von einander entfernt; wenn man nun dieſen Kamm über die Linſe wegführte, welche ſo wie im letztern Verſuche gelegt worden, ſo wurde ein Theil der Farben von den Zähnen unterbrochen, indeß die übrigen bis zu dem Papiere fortfuhren, welches in dem Fokus der Linſe ſich befand. Dieſes Bild erſchien weiß, wenn der Kamm weggenommen war, ſo wie aber dieſer dazwiſchen gelegt wurde, ſo wurde das Weiß in diejenige Farbe verwandelt, die durch den Kamm ging. Wenn die Bewegung des Kamms langſam geſchieht, ſo folgten die Farben, Roth, Gelb, Grün, Blau, Purpur jederzeit regelmäßig nach einander; allein iſt die Bewegung des Kamms geſchwind, ſo können die mit außerordentlicher Schnelligkeit auf einander folgenden Farben nicht unterſchieden werden, und es erfolgt wegen dieſer Undeutlichkeit eine gleichförmige Farbe; der Eindruck aller Farben wird auf einmal an dem nämlichen Orte des Auges gemacht, und ſie erzeugen dann verbunden mit einander die Empfindung von Weiß.

*) Algarotti Philoſophy of Newton explained.

Hier iſt ein Kreiſel, deren wir uns in unſern jüngern Tagen bedienten; die Oberfläche deſſelben iſt nach gewiſſen Verhältniſſen getheilt, ſo daß ſie mit dem gefärbten Bilde eines Priſma übereinſtimmen: indem ich nun dieſe Schnure ziehe, laſſe ich den Kreiſel ſchnell um ſeine Axe ſich drehen, wo Sie während dem keine einzelen Farben unterſcheiden werden, ſondern alles erſcheint weiß, welche Weiße nach Verhältniß größer wird, als die einzelen Farben heller ſind.

Die durch das Priſma erzeugten Farben ſind nicht nur die ſchönſten in der Natur, ſondern auch jede an ſich bleibt getrennt und unveränderlich. Wenn einer dieſer Hauptſtrahlen von den übrigen getrennt worden iſt, ſo kann nichts ſeine Farbe verändern; man laſſe ihn durch andre Priſmen gehen, refraktire oder reflektire ihn, demohnerachtet bleibt er unveränderlich, der rothe Strahl behält ſein Karmoiſin, und der violete ſeine purpurartige Schönheit. Welcher Gegenſtand auch unter irgend einen derſelben fällt, ſo verliert er ſogleich ſeine eigene Farbe, ſo lebhaft ſie auch immer ſeyn kann, und nimmt das homogene Licht des priſmatiſchen Strahls an. Man nehme einen Streifen Papier und lege ihn in den rothmachenden Strahl, ſo wird er roth erſcheinen; oder man lege ihn in einen anders gefärbten Strahl, und Sie werden finden, daß er jederzeit dieſe Farbe annimmt. Man nehme ein Stück gefärbtes Papier, und lege es in den rothen Strahl, und es wird roth erſcheinen, man halte es in einen gelben, orangefarbnen Strahl u. ſ. f. und es wird orange, gelb u. ſ. f. regelmäßig erſcheinen. Ueberhaupt kann keine Kunſt die Farbe eines abgeſonderten Strahls ändern; er giebt jedem Gegenſtande die Tinte, er ſelbſt aber nimmt keine fremde an; weder Reflexion, Refraktion, noch andre Mittel können es zuwe-

gebringen, daß er ſeine natürliche Farbe ändere; gleich dem Golde kann er jedem Verſuche unterworfen werden, und immer wird er einerlei ſich äußern.

Hier iſt es nunmehr erforderlich, das Verfahren zu erklären, deſſen ſich Newton bediente, die Gränzen einer jeden Farbe in dem prismatiſchen Bilde zu beſtimmen. Sie bemerkten in dem Bilde, daß, ob es ſchon einen offenbaren Unterſchied der Farbe nicht nur zwiſchen den zwei Extremen, ſondern auch in den zwiſchenliegenden Theilen gab, doch der genaue Ort, bei welchem jede Farbe ſich endigte, und eine andre anfieng, weit entfernt war, um hinreichend unterſcheidbar zu ſeyn; dieſe Undeutlichkeit wurde durch Strahlen jeder Art verurſacht, die von allen Theilen der Sonnenſcheibe ausfuhren; ein ganzes Bild der Sonne wird auf dem Papiere entworfen, welches aus einem Kreiſe von jeder beſondern Farbe beſteht; und da die Strahlen nach ihrer Art durch unendliche Grade verſchieden ſind, vom äußerſten Roth bis zum äußerſten Violet, ſo müſſen in der That Tauſende dieſer Kreiſe in dem länglichen Bilde ſeyn, deren Mittelpunkte unendlich nahe an einander ſind, ſo daß das Licht aufs innigſte gemiſcht wird, beſonders in der Mitte des Bildes, wo es am hellſten iſt.

Er bedachte daher, daß wenn weniger ſolcher Kreiſe gemacht werden könnten, indeß ihre Mittelpunkte in einerlei Abſtande und Lage erhalten würden, ihr Zuſammenſtoßen und ihre Miſchung mit einander verhältnißmäßig vermindert werden würde, und daß ſie ſolchergeſtalt vermindert werden dürften, wenn außerhalb dem Zimmer in einer großen Entfernung von dem Priſma gegen die Sonne ein dunkler Körper gegenüber gelegt würde, in deſſen Mitte eine runde Oefnung gemacht worden, um alles Sonnenlicht zu unterbrechen, außer ſoviel, als von der Mitte ihrer Scheibe kommt, und durch dieſe Oefnung bis zum Priſma gelangen könnte; denn alsdann würden die

abgeſonderten Kreiſe nicht mehr der ganzen Sonnenſcheibe entſprechend ſeyn, ſondern nur demjenigen Theile derſelben, als von dem Priſma aus durch dieſe Oefnung geſehen werden könnte. Indeſſen um zu machen, daß dieſe Kreiſe deutlicher der Oefnung entſprechend werden, muß eine Linſe an das Priſma gelegt werden, um das Bild der Oefnung, d. i. eines jeden beſondern Kreiſes, deutlich auf das Papier zu werfen.

Ohngefähr 10 oder 12 Fuß von dem Fenſter ſtellte Sir J. Newton eine Linſe auf, wodurch das Bild der Oefnung deutlich auf ein Blatt Papier gegen 6, 8, 10 oder 12 Fuß von der Linſe geworfen werden konnte. Unmittelbar hinter der Linſe legte er ein Priſma, wodurch das refraktirte Licht aufwärts oder ſeitwärts geworfen werden konnte, während dem er das Papier, welches das Bild näher oder entfernter von dem Priſma aufnahm, bewegte, bis er die Lage fand, wo die Seiten des Bildes am deutlichſten waren.

Taf. VI. Fig. 13. iſt F die Oefnung in dem Fenſterladen; MN eine Linſe, wodurch das Bild dieſer Oefnung deutlich auf das Papier bei I geworfen wird; ABC iſt ein Priſma, um die Strahlen zu refraktiren, welche von der Linſe zu einem andern Papiere bei pt gehen; das runde Bild bei I wird hierdurch in ein längliches Bild pt verwandelt, welches auf das andre Papier fällt. Dieſes Bild pt beſteht aus Kreiſen, die einer nach dem andern in geradlinichter Ordnung ſtehen, die Kreiſe ſind an Größe dem Kreiſe I gleich; folglich können ſie durch Verminderung der Oefnung F willkührlich vermindert werden, während dem ihre Mittelpunkte an ihren Stellen verbleiben. Auf dieſe Art kann die Breite des Bildes pt vierzigmal, und zuweilen ſechzig bis ſiebenzigmal geringer gemacht werden, als ihre Länge, nnd hierdurch auch die

Miſchung der Strahlen um ſo mehr oder um ſo weniger, als man ſelbſt will.

Hierdurch erhielt er denn eine deutliche Begränzung der Bilder der Oefnung ohne irgend einen Halbſchatten, wenn er ſolchergeſtalt blos nach und nach mehr Oefnung gab, und folglich nur eine ſehr geringe Miſchung der heterogenen Strahlen Statt fand. Durch Vergrößerung oder Verminderung der Oefnung in dem Fenſterladen machte er die kreisförmigen Bilder willkührlich größer oder geringer, ſo wie denn hierdurch die Miſchung der Strahlen in dem länglichen Bilde ſo groß oder ſo geringe gemacht wurde, als er wollte: zuweilen machte er das Bild 40 mal, zuweilen 60 bis 70 mal geringer als ſeine Länge.

Auf dieſe Art wurde denn das Licht hinreichend vereinfacht, um irgend einen ſeiner Verſuche in Rückſicht des homogenen Lichts zu prüfen, da der heterogenen Strahlen ſo wenig waren, daß ſie kaum bemerkt werden konnten, ausgenommen in Indig und Violet, die, da ſie dunkle Farben ſind, leicht eine Miſchung, ſelbſt durch das geringe zerſtreute Licht geſtatten, welches unregelmäßig durch die Ungleichheiten des Priſma refraktirt wird.

Als er nun ſolchergeſtalt die Seiten des gefärbten Bildes deutlich beſtimmt hatte, entwarf er den Umriß davon auf einem Papiere, und hielt dieſes Papier ſo, daß das Bild auf das Papier fallen, und jenen genau decken konnte, indeß ein Beigehülfe die Gränzen einer jeden Farbe bemerkte, und Linien quer über das Bild zog. Dies wurde ſowohl auf dem nämlichen, als auf verſchiedenen Papieren wiederhohlt, und man fand, daß die Beobachtungen genau genug mit einander übereinſtimmten, und die Seiten wie eine muſikaliſche Saite getheilt wurden, und in Verhältniß zu einander waren wie

abgeſonderten Kreiſe nicht mehr der ganzen Sonnenſcheibe entſprechend ſeyn, ſondern nur demjenigen Theile derſelben, als von dem Priſma aus durch dieſe Oefnung geſehen werden könnte. Indeſſen um zu machen, daß dieſe Kreiſe deutlicher der Oefnung entſprechend werden, muß eine Linſe an das Priſma gelegt werden, um das Bild der Oefnung, d. i. eines jeden beſondern Kreiſes, deutlich auf das Papier zu werfen.

Ohngefähr 10 oder 12 Fuß von dem Fenſter ſtellte Sir J. Newton eine Linſe auf, wodurch das Bild der Oefnung deutlich auf ein Blatt Papier gegen 6, 8, 10 oder 12 Fuß von der Linſe geworfen werden konnte. Unmittelbar hinter der Linſe legte er ein Priſma, wodurch das refraktirte Licht aufwärts oder ſeitwärts geworfen werden konnte, während dem er das Papier, welches das Bild näher oder entfernter von dem Priſma aufnahm, bewegte, bis er die Lage fand, wo die Seiten des Bildes am deutlichſten waren.

Taf. VI. Fig. 13. iſt F die Oefnung in dem Fenſterladen; MN eine Linſe, wodurch das Bild dieſer Oefnung deutlich auf das Papier bei I geworfen wird; ABC iſt ein Priſma, um die Strahlen zu refraktiren, welche von der Linſe zu einem andern Papiere bei pt gehen; das runde Bild bei I wird hierdurch in ein längliches Bild pt verwandelt, welches auf das andre Papier fällt. Dieſes Bild pt beſteht aus Kreiſen, die einer nach dem andern in geradlinichter Ordnung ſtehen, die Kreiſe ſind an Größe dem Kreiſe I gleich; folglich können ſie durch Verminderung der Oefnung F willkührlich vermindert werden, während dem ihre Mittelpunkte an ihren Stellen verbleiben. Auf dieſe Art kann die Breite des Bildes pt vierzigmal, und zuweilen ſechzig bis ſiebenzigmal geringer gemacht werden, als ihre Länge, und hierdurch auch die

Miſchung der Strahlen um ſo mehr oder um ſo weniger, als man ſelbſt will.

Hierdurch erhielt er denn eine deutliche Begränzung der Bilder der Oefnung ohne irgend einen Halbſchatten, wenn er ſolchergeſtalt blos nach und nach mehr Oefnung gab, und folglich nur eine ſehr geringe Miſchung der heterogenen Strahlen Statt fand. Durch Vergrößerung oder Verminderung der Oefnung in dem Fenſterladen machte er die kreisförmigen Bilder willkührlich größer oder geringer, ſo wie denn hierdurch die Miſchung der Strahlen in dem länglichen Bilde ſo groß oder ſo geringe gemacht wurde, als er wollte: zuweilen machte er das Bild 40 mal, zuweilen 60 bis 70 mal geringer als ſeine Länge.

Auf dieſe Art wurde denn das Licht hinreichend vereinfacht, um irgend einen ſeiner Verſuche in Rückſicht des homogenen Lichts zu prüfen, da der heterogenen Strahlen ſo wenig waren, daß ſie kaum bemerkt werden konnten, ausgenommen in Indig und Violet, die, da ſie dunkle Farben ſind, leicht eine Miſchung, ſelbſt durch das geringe zerſtreute Licht geſtatten, welches unregelmäßig durch die Ungleichheiten des Priſma refraktirt wird.

Als er nun ſolchergeſtalt die Seiten des gefärbten Bildes deutlich beſtimmt hatte, entwarf er den Umriß davon auf einem Papiere, und hielt dieſes Papier ſo, daß das Bild auf das Papier fallen, und jenen genau decken konnte, indeß ein Beigehülfe die Gränzen einer jeden Farbe bemerkte, und Linien quer über das Bild zog. Dies wurde ſowohl auf dem nämlichen, als auf verſchiedenen Papieren wiederhohlt, und man fand, daß die Beobachtungen genau genug mit einander übereinſtimmten, und die Seiten wie eine muſikaliſche Saite getheilt wurden, und in Verhältniß zu einander waren wie

die Zahlen 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{3}{16}$ und $\frac{1}{2}$, mithin die Längen der Saiten für den Grundton der großen Secunde, einer Tertie minor, einer Quarte, einer Quinte, einer Sexte major, einer Septime und der Oberoktave vorſtellen.

Die Länge der Räume, welche die ſieben Hauptfarben in dem Bilde haben, entſpricht genau derjenigen der Saiten der ſieben Töne in der diatoniſchen muſikaliſchen Leiter.

Vermöge dieſer Folgerung hat man geglaubt, daß Farben und Töne in gewiſſer Rückſicht Aehnlichkeit mit einander haben. Es giebt ſieben Noten in der Muſik; eben ſoviel ſind auch priſmatiſche Farben: der Abſtand zwiſchen jeder Note iſt beſtimmt, einen ähnlichen Abſtand findet man auch zwiſchen jedem gefärbten Strahl. Allein die Verſchiedenheiten zwiſchen ihnen ſind zahlreicher als die Aehnlichkeiten. Die Verbindung der Töne vermehrt ihre Schönheit, allein die Verbindung der Farben tödtet ihre Wirkung. Die Folge von Tönen hat einen wunderbaren Einfluß auf die Seele, die Folge von Farben äußert kaum einen. Ohnerachtet deſſen hat jedoch P. Caſtel eine Abhandlung geſchrieben, um zu beweiſen, daß ſo wie das Ohr Vergnügen an der Folge von Tönen findet, ſo auch das Auge ein ähnliches Vergnügen an der Folge von Farben habe. Zu dieſer Abſicht erfand er eine Augenharfe, die anſtatt in dem Ohre einen Ton zu geben, dem Auge Farben darböt: die priſmatiſchen Farben waren die Noten, und die Schattirungen dazwiſchen gaben die halben Töne. Töne gewähren dem Ohre allen Reiz, den ſie haben, dahingegen Farben dem Auge nur die Hälfte deſſelben gewähren; es iſt daher wenig von der Muſik der Farben zu erwarten. Um ein ſolches Inſtrument zu machen, welches dem Sinne des Geſichts entſpräche, müßte die Schönheit der Figur zugleich mit derjenigen der Farbe vereiniget werden.

Die vorhergehenden Grundſätze erklären verſchiedene Erſcheinungen, welche unerklärbar waren, ehe Sir Iſaak Newton die Theorie der Farben unterſucht hatte. So unter andern, warum, wenn man auf irgend einen Gegenſtand durch ein Priſma ſieht, die Ränder allein mit Farben, und zwar in einer gewiſſen Ordnung tingirt ſind. So ſind, wenn Sie durch ein Priſma nach irgend einem Gegenſtand ſehen, (wenn er nicht zu klein iſt, beſonders wenn er weiß iſt) nur allein die Ränder des Gegenſtands gefärbt; der eine Rand, roth, orange und gelb, der andre blau, Indig und violet. Dieſe Farben ſind die Enden von ſo vielen Bildern des Gegenſtands, als es verſchiedentlich refrangible Lichtſtrahlen giebt. Dies wird am beſten durch ein Diagramm erklärt werden können. Es ſey ABCD Taf. VI. Fig. 17. eine weiße Figur, die man durch ein Priſma HIK ſieht; CE, DE ſind Strahlen, welche von den Enden ausgehen, die, wenn das Priſma nicht dazwiſchen läge, ſich in E treffen würden, allein vermittelſt des Priſma werden ſie ungleich refraktirt, indem das Roth ſich in G, das Violet ſich in F vereinigt, und die zwiſchenliegenden zwiſchen G und F in ſo vielen Punkten, als es verſchiedentlich refrangible Strahlen giebt. Das Auge, welches ſo gelegen iſt, daß es dieſe Strahlen aufnimmt, ſieht in dieſer refraktirten Richtung das Bild aosp in der Höhe um die Größe bo vermehrt, welche diejenige der Strahlen iſt, die durch die Refraktion getrennt werden. Die Ränder dieſes Bildes werden gefärbt, der untere Rand roth von a bis e, orange von c bis d, und gelb zwiſchen d und e. Am obern Rande blau von l bis m, Indig von m bis n, violet von n bis o. Zufolge dem, was wir erwähnet haben, wird es Ihnen leicht ſeyn einzuſehen, daß dieſe Farben die Enden von ſo vielen Bildern des Gegenſtands ſind, wo jede Farbe einen Raum einnimmt, der an Größe demjenigen von ABCD gleich iſt, der das Licht der Sonne empfängt, welches

Licht aus allen Strahlen zuſammengeſetzt iſt. Das rothe Bild erſtreckt ſich daher von a bis b, das orange von c bis i, das gelbe von d bis k, das grüne von a bis l, das blaue von f bis m, das indigo von g bis n, das violette von h bis o.

Dies erklärt deutlich, warum blos die Enden gefärbt werden, indeß die Mitte weiß bleibt; die Farben kommen nämlich einander zuvor, ſo daß ſie alle mit einander in dem Raum zwiſchen h und b gemiſcht werden; in den kleinen Zwiſchenräumen zwiſchen e und h und b und l iſt es beinahe weiß. Es geſchieht blos von a bis e, und von l bis o, daß die Farben dem Anſehen nach hinreichend rein und ungemiſcht ſind.

Wenn der Gegenſtand, wornach Sie durch ein Priſma ſehen, klein iſt und in einer Entfernung liegt, ſo iſt die ganze Oberfläche gefärbt. Denn in dieſem Falle nimmt jeder Gegenſtand nur einen geringen Raum ein, indeß die Größe, um welche die Strahlen von einander getrennt werden, einerlei bleibt, ſo daß ſie folglich weniger gemiſcht, und mehr ſichtbar werden.

Wenn ein ſchwarzer Gegenſtand von einem weißen umgeben wird, ſo entſtehen die Farben, welche geſehen werden, von dem Lichte des erleuchteten Gegenſtands, das ſich in die Räume des ſchwarzen verbreitet: ſie erſcheinen daher in einer entgegengeſetzten Ordnung, wie es der Fall iſt, wenn ein weißer Gegenſtand mit einem ſchwarzen umgeben iſt.

Eben dieß iſt der Fall, wenn ein Gegenſtand geſehen wird, deſſen Theile weniger erleuchtet ſind als andre; denn an den Rändern der mehr oder weniger erleuchteten Theile müſſen Farben immer nach einerlei Grundſatze entſtehen, nämlich vom Uebermaße des Lichts des mehr leuchtenden

Gegenſtands, und müſſen von der nämlichen Art ſeyn, als ob die dunklern Theile ſchwarz wären, nur mehr blaß oder verdünnt.

Was von den Farben geſagt worden iſt, die durch Priſmen entſtehen, kann ſehr leicht auch auf Farben angewendet werden, die durch Gläſer in Teleſkopen oder Mikroſkopen, oder durch die Feuchtigkeiten des Auges entſtehen; denn wenn das Objektglas eines Teleſkops an einem Ende ſtärker iſt als am andern, oder wenn die eine Hälfte des Glaſes, oder die eine Hälfte der Pupille des Auges mit einer dunkeln Subſtanz bedeckt wird, ſo kann das Objektglas, oder derjenige Theil davon, oder des Auges, welcher nicht bedeckt iſt, als ein Keil mit gebogenen Seiten angeſehen werden: ſo wie jede andre durchſichtige Subſtanz die Wirkung eines Priſma hat, nämlich das Licht, welches durch dieſe Subſtanz geht, zu refraktiren.

Zwanzigſte Vorleſung.

Von dem Regenbogen.

Wenn wir auf die Kenntniſſe der verſchiedenen Zeitperioden zurückblicken, womit uns die Geſchichte bekannt gemacht hat, und ſie mit den gegenwärtigen vergleichen, indeß wir zu gleicher Zeit die Verbeſſerungen überlegen, die in den letztern zwei Jahrhunderten geſchehen ſind, und ſie ſo mit der ganzen Reihe derjenigen in Vergleichung ſtellen, die ehedem bekannt waren, ſo ſind wir gewiſſermaßen genöthiget, letztere Periode mit einer Art von Achtung zu betrachten, die beinahe an Verehrung gränzt.

Ohnſtreitig hatten Menſchen zu allen Zeiten einerlei natürliche Fähigkeiten. Daß viele von den Weiſen des Alterthums Männer von der größten Geſchicklichkeit waren, und ein ausgebreitetes Genie beſaßen, finden wir in den Ueberreſten ihrer hinterlaſſenen Werke deutlich. Allein der Ruhm der gegenwärtigen Periode beſteht vornämlich darin, daß Genie und Anwendung eine ungleich ſchicklichere Richtung genommen haben, und daß der Menſch jetzt mehr Sachen als Worte ſtudiert, mithin Syſteme mehr auf Thatſachen gründet, als es bei den Theorien unſrer Vorfahren der Fall war.

Man würde mich indeſſen mißverſtehen, wenn man glauben wollte, als ob ich den ehrwürdigen Vätern der Gelehrſamkeit allen Anſpruch an Entdeckungen und Erfin-

dungen rauben wollte: ihre Schriften ſind uns ein hinreichender Beweis von Erfindungen, als nur die unternehmendſten Genies unſrer Zeiten hätten gleich thun können; indeſſen ſind deren wenige. Gegenwärtig iſt Kenntniß, Folge der Erfahrung und des Verſuchs, ſo wie wir denn nichts als Grundſatz anerkennen, was nicht in einem gewiſſen Grade den Beweis mit ſich führt, und was nicht auf irgend eine Art durch Erfahrung beſtätigt worden iſt. Auf dieſem unerſchütterlichen Grund iſt Wiſſenſchaft zu ihrer gegenwärtigen Höhe gelangt, eine Lage, zu welcher die beſten Schriftſteller dunklerer Zeiten, nicht einmal die Erwartung hegen konnten, daß ſie dahin gelangen würde; ja ſelbſt noch über dieſen Grad der Vollkommenheit, deſſen Möglichkeit denkbar iſt, kann ſie gelangen, wenn man dieſes Verfahren nicht aus der Acht läßt. Es läßt ſich nicht beſtimmen, was die Triumphe neuerer Thätigkeit, verbunden mit Genie, ſeyn dürften, noch was die Gränzen ſeyn werden, wenn man ſie mit dem nämlichen Eifer verfolgt, die nämlichen Grundſätze anwendet, und eine unendliche Menge von Thatſachen berichtiget.

Die Farben des Regenbogen, welche in ehemaligen Zeiten ſo große Bewunderung erregten, bewirken bei dem Phyſiker gegenwärtig kein Erſtaunen mehr. Dem Plinius und Plutarch konnte er freilich ein Gegenſtand der Bewunderung ſeyn, ohne ihn zu erklären. Kepler ſcheint der erſte geweſen zu ſeyn, welcher vermuthete, daß er vermöge der Refraktion der Sonnenſtrahlen entſtehe, ſo wie ſie auf die Regentropfen fielen. Antonio de Dominis erweiterte ſolchemnach nunmehr die Theorie, von welcher Kepler bereits einen Fingerzeig gegeben hatte. Jeder folgende Phyſiker ging jetzt auf dieſem Wege fort, eine Theorie zu vervollkommen, deren Richtigkeit ſo große Wahrſcheinlichkeit vor ſich hatte; allein da ſie

noch keine Kenntniß von den eigentlichen Urſachen der Farben beſaßen, ſo war es folglich dem Newton aufbehalten, dieſe unvollendeten Bemühungen vollkommen zu berichtigen, ſo wie Sie denn finden werden, daß die Theorie des Regenbogens, ſo wie ſie von ihm gegeben worden iſt, vollſtändig und deutlich iſt, und Sie vollkommen überzeugen wird.

Unter den verſchiedenen Lufterſcheinungen iſt der Regenbogen eine der auffallendſten und angenehmſten; ſeine Farben vergnügen nicht nur das Auge durch die Milde ſeines Glanzes, ſondern erfreuen auch den Zuſchauer mit der Ausſicht des folgenden heitern Wetters. Es würde unnöthig ſeyn, dieſes Meteor weitläuftig zu beſchreiben, da es wohl wenige geben dürfte, die nicht Vergnügen und Bewunderung daran gefunden hätten. Sie wiſſen, daß er blos geſehen wird, wenn der Zuſchauer ſeinen Rücken gegen die Sonne kehrt, und wenn der Regen auf der entgegengeſetzten Seite iſt. Seine Farben, wenn man von dem untern Theile anfängt, ſind Violet, Indig, Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth, ſo daß er alle die ſchönen und einfachen Schattirungen des Priſma beſitzt: außer dem erſtern giebt es auch nicht ſelten noch einen äußern Regenbogen, deſſen Farben aber minder lebhaft, und in entgegengeſetzter Ordnung ſind, nämlich, wenn man von unten anfängt, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indig, Violet. Zuweilen ſehen wir einen halben, zuweilen einen ganzen Bogen; häufig einen; ſehr oft aber zwei, und zuweilen werden deren auch wohl dreie geſehen. Ob nun zwar eigentlich der Regenbogen überhaupt vermöge der Reflexion der Strahlen des Sonnenlichts von den Tropfen des fallenden Regens gebildet wird, ſo erſcheint er doch öfters auch in den Wellen der See, deren Spitzen durch den Wind in kleine Tropfen zertheilt werden; auch wird er nicht ſelten auf dem Lande geſehen, wenn die

Sonne auf einen ſehr ſtarken Thau ſcheint. Waſſerfälle und Fontainen, deren Waſſer bei ſeinem Falle in Tropfen vertheilt wird, machen für den Zuſchauer gleichfalls einen Regenbogen, wenn er gehörig ſteht, und die Sonne gerad darauf ſcheint. Dieſe Erſcheinung findet auch beim Mondlichte Statt, obſchon ſelten lebhaft genug, um die Farben deutlich unterſcheidbar zu machen, ſo wie nicht weniger ein künſtlicher Regenbogen durch ein Licht auf das Waſſer gemacht werden kann, wenn es aus einer kleinen Fontaine als ein Waſſerſtrahl getrieben wird. Alle ſind von einerlei Beſchaffenheit, und rühren von einerlei Urſachen her, wovon man ſich aus folgenden Figuren einen nähern Begrif machen kann.

Es ſtelle der Kreis StD Taf. VII. Fig. 12. und Gds Taf. VII. Fig. 13. zwei Waſſertropfen vor; Ss Fig. 12. ſey ein Lichtſtrahl, welcher ſchief auf den Waſſertropfen bei s falle, der dann, anſtatt in ſeiner Richtung gegen F fortzufahren, nach t refraktirt wird, von woher er dann zum Theil nach e reflektirt wird, indem der Winkel des Einfalls gleich dem Winkel der Reflexion iſt, und wo, anſtatt gerade nach f zu gehen, er wieder refraktirt wird, wenn er ſchief aus Waſſer in Luft übergeht.

Allein da dieſer Lichtſtrahl aus einem Strahlenbüſchel beſteht, deren einige mehr refrangibel ſind, als die andern, ſo wird der violette, welcher es am meiſten iſt, gegen B gehen, und der rothe, welcher es am wenigſten iſt, gegen O. Wenn nun das Auge eines Zuſchauers bei O ſo ſteht, daß der Lichtſtrahl, wenn er darauf von dem Waſſertropfen fällt, einmal reflektirt und zweimal refraktirt worden, ſo daß eo mit dem Sonnenſtrahle sS einen Winkel SFO von 42° 2′ macht, ſo wird er den rothen Strahl in der Richtung or ſehen: denn man hat durch Berechnung gefunden, daß der gröſste Winkel, unter welchem die am meiſten refrangibeln Strahlen nach einer

Reflexion zum Auge eines Zuſchauers gelangen können, 40 ° 17′ iſt, ſo wie der gröſste Winkel, unter welchem die am wenigſten refrangibeln Strahlen zum Auge kommen, 42 ° 2′.

Wenn das Auge nachher bis B gehoben wird, ſo daß der Strahl eb mit dem Sonnenſtrahle blos einen Winkel von 40 ° 17′ macht, ſo wird es den violetten Strahl in der Richtung bB, und die zwiſchenliegenden Farben unter zwiſchenliegenden Richtungen ſehen. Das nämliche findet Statt, wenn das Auge des Zuſchauers in dem nämlichen Raume O bleibt, und der Waſſertropfen von D bis E fällt; oder wenn man vorausſetzt, daß dieſer Raum voller Waſſertropfen ſey, ſo wird man alsdann zu gleicher Zeit alle prismatiſche Farben ſehen. Die Strahlen, welche die zwiſchenliegenden Grade von Refrangibilität beſitzen, werden am häufigſten von Tropfen zwiſchen D und E kommen, und die zwiſchenliegenden Farben in der Ordnung geben, die ihr Grad an Refrangibilität erfordert.

Zufolge dem gilt nun, was von einem Waſſertropfen erwähnet worden iſt, auch von Millionen Tropfen. Wir wollen uns jetzt eine Menge ſolcher Regentropfen vorſtellen, welche in dem Umkreiſe eines halben Kreiſes gelegen ſind, und in deſſen Mitte das Auge des Zuſchauers befindlich ſey, ſo werden wir ein halbkreisförmiges Band haben, welches mit den ſieben prismatiſchen Farben prangt, und deſſen Breite gleich DE ſeyn wird; d. i. im Verhältniß zu dem Unterſchiede zwiſchen den am meiſten und am wenigſten refrangibeln Strahlen.

Um nun den äußern Regenbogen zu erklären, wollen wir einen Lichtſtrahl Ss Fig. 13. annehmen, der von der Sonne ſchief auf einen Waſſertropfen fällt, und durch den Kreis Gdo vorgeſtellt worden; anſtatt nun in ſeiner urſprünglichen Richtung gegen a fortzugehen, wird er

nach d refraktirt, von woher er zum Theil nach e reflektirt wird; indem er nun aber nochmals auf die konkave Oberfläche fällt, wird ein Theil wieder gegen g reflektirt, anſtatt nach go, wo er wieder in die Luft gehen, und zum zweitenmale refraktirt werden wird. Dieſer Lichtſtrahl, gleich dem vorhergehenden, wird jetzt zerſetzt werden; der rothe, welcher am wenigſten refrangibel iſt, wird nach O gehen, und der violette, welcher es am meiſten iſt, nach B. Nun wird ein Auge, welches bei O liegt, um ſolchergeſtalt den Lichtſtrahl aufzunehmen, der nachdem er zweimal refraktirt, und zweimal durch die Waſſertropfen reflektirt worden, mit dem Sonnenſtrahle einen Winkel ShO von 50° 55′ macht, den rothen Strahl in der Richtung Or ſehen; wird das Auge bis B erniedriget, ſo daß der Winkel ShB 54° 7′ ſey, ſo ſieht es den violetten Strahl; und im Verfolge von O bis B alle prismatiſchen Farben nach und nach.

Man hat gefunden, daß der kleinſte Winkel, unter welchem die am wenigſten refrangibeln Strahlen zum Auge nach zwei Reflexionen gelangen können, 50° 7′ beträgt, und daß der kleinſte Winkel, unter welchem die am meiſten refrangibeln Strahlen kommen, 54° 7′ iſt. Wenn daher die Sonne ein Punkt wäre, ſo würde der Durchmeſſer des äußern Bogens 1° 45′, und der Abſtand dazwiſchen 8° 55′ ſeyn; allein da dieſer Körper einen Winkel von 32° 5″ macht, ſo wird jeder Bogen um dieſe Größe vermehrt, und ihr wechſelſeitiger Abſtand um eben ſoviel vermindert.

Die nämlichen Wirkungen finden Statt, wenn das Auge des Beobachters bei O wäre, und der Waſſertropfen von G nach H ſtiege, oder wenn Sie vorausſetzen, daß dieſer Raum voller Waſſertropfen ſey, ſo werden alle prismatiſche Farben zu einerlei Zeit geſehen werden, indem die Tropfen zwiſchen GH mit den zwiſchenliegenden Far-

ben nach der Ordnung ihrer Refrangibilität auf das Auge wirken. Wenn, wie im vorhergehenden Falle, Sie ſich eine Reihe von ſolchen Tropfen vorſtellen, die in dem Umkreiſe eines Halbzirkels liegen, in deſſen Mitte das Auge des Zuſchauers ſich befindet, ſo werden Sie einen zweiten halben Kreis haben, der mit den ſieben Hauptfarben, nur in entgegengeſetzter Ordnung gegen den erſten, prangt. Auf dieſe Art werden dann zwei Farbenbogen entſtehen, ein innerer und ſtärkerer, vermöge einer Reflexion in den Tropfen, und ein äußerer und bläſſerer durch zwei Reflexionen, da das Licht bei jeder Reflexion vermindert wird: ihre Farben werden in entgegengeſetzter Ordnung zu einander ſeyn, indem das Roth beider Bogen den Raum begränzt, welcher ſich zwiſchen denſelben befindet.

Was hier blos angenommen iſt, findet auch in der That Statt, wenn Regen fällt, ſo daß wenn der Regen und die Sonne (in Rückſicht zu dem Horizonte des Zuſchauers) an entgegengeſetzten Theilen des Himmels ſind, es eine hinreichende Menge Tropfen in einer gehörigen Lage für die ausfahrenden Strahlen giebt, um mit den einfallenden Strahlen die erforderlichen Winkel zu bilden, und einen Regenbogen zu machen. Es mögen E, F, G, H Taf. VII. Fig. 14. Regentropfen vorſtellen, worauf die Sonnenſtrahlen SE, SF, SG, SH fallen; dieſe Strahlen, nachdem ſie zweimal bei E und F refraktirt, und einmal reflektirt worden ſind, fallen auf das Auge bei O. Wenn nun der Winkel SEO, welcher von dem einfallenden Strahle SE gebildet wird, und dem ausfahrenden Strahl EO, 40 ° 17′ iſt, ſo wird die violette Farbe bei E geſehen werden; iſt der Winkel SFO, welcher auf gleiche Art von dem einfallenden Strahle SF gebildet wird, und dem ausfahrenden Strahl FO, 42 ° 2′, ſo wird man bei F Roth ſehen, indeß die Regentropfen zwiſchen T und F dem Auge die erforderlichen ausfahrenden Strahlen zuſenden, um die zwiſchenliegenden Farben zu erzeugen.

Eben ſo werden auch die Strahlen SG, SH nach zwei Refraktionen und zwei Reflexionen gegen das Auge gerichtet, welches bei O liegt. Wenn daher der Winkel SGO, welcher von dem einfallenden Strahle SG gebildet wird, und dem ausfahrenden Strahl GO, 50 ° 57′ iſt, ſo wird man bei G roth ſehen; iſt der Winkel SOH, welcher von dem einfallenden Strahle SH gebildet wird, und dem ausfahrenden Strahl HO, 54 ° 7′, ſo ſieht man Violet bei H; die übrigen Regentropfen, welche zwiſchen G und H ſich befinden, verſchaffen die zwiſchenliegenden Farben. Eben dies iſt der Fall bei deu übrigen Tropfen, welche die zwei halbkreisförmigen Bänder AFBE, CHDG bilden.

Man kann dies durch einen Verſuch erläutern, denn wenn man die Lichtſtrahlen auf die Oberfläche einer Glaskugel fallen läßt, die mit Waſſer gefüllt worden, ſo werden ſie auf die andre Seite refraktirt werden, und hier einen gefärbten Fleck des refraktirten Lichts machen; von dieſem Theile werden die Strahlen zu einem andern Theil der untern Oberfläche reflektirt, und hier zum zweitenmale in der Luft refraktirt, und ſo in alle die verſchiedentlich gefärbten Strahlen erweitert, ſo daß wenn das Auge einer Perſon unter einer ſolchen Kugel ſich befände, es alle die verſchiedenen Farben in dieſer Kugel wahrnehmen würde. In dieſer Abſicht habe ich hier eine Kugel mit Waſſer gefüllt, welche ich in einen Sonnenſtrahl unter einer ſolchen Höhe aufhängen will, daß Sie dieſes Phänomen leicht beobachten können. Sie ſehen, wie ſie jetzt das Licht auf dem obern Theil erhält, es von dem untern in alle ſeine verſchiedentlich gefärbten Strahlen refraktirt, und hierdurch einen Kreis von gefärbtem Lichte auf dem Boden macht, der dem Regenbogen ſehr ähnlich iſt. Wenn Sie ſich nun ſolchergeſtalt ſtellen, daß in Rückſicht der Kugel die Strahlen des Lichts von verſchiedenen Farben

nach und nach auf das Auge fallen, ſo werden Sie alle die Farben in der Kugel ſehen, als vorher den verſchiedentlich gefärbten Bogen auf dem Boden bildeten.

Dies iſt ein Fall, der dem Regenbogen ſehr nahe kommt; denn wenn dieſe Kugel mit Waſſer an den Himmel geſetzt würde, ſo ſieht man leicht, daß die Sonnenſtrahlen alsdann dadurch eben ſo refraktirt werden würden, als es hier der Fall iſt.

Um die Natur des zweiten Bogens zu erläutern, müſſen wir den Sonnenſtrahl auf den untern Theil der Kugel fallen laſſen; Sie ſehen deutlich den gefärbten Fleck hinterwärts, wohin er refraktirt wird; wenden Sie jetzt Ihr Auge auf den obern Theil, ſo werden Sie den Punkt ſehen, von woher er zum zweitenmale gegen den vordern Theil der Kugel reflektirt wird, und von daher ſehen Sie ihn zum zweitenmale aus der Kugel in die Luft refraktirt, und hierdurch den Strahl in alle ſeine verſchiedentlich gefärbten Strahlen vertheilt; auch ſehen Sie vermöge der Farben auf dem Boden, daß die verſchiedenen Strahlen in einer verſchiedenen Ordnung gegen diejenige liegen, als ſie vorher von der Kugel refraktirt wurden; eben ſo werden Sie auch ſehen, daß die Farben des Bogens verdünnter und bläſſer ſind, als ſie es bei dem erſtern Verſuche waren.

Vermöge dieſes Verſuchs war es denn, daß Antonio de Dominis es unternahm, die Urſache des Regenbogens zu erklären. Er füllte zu dieſer Abſicht eine gläſerne Kugel mit Waſſer, hieng ſie unter einer gewiſſen Höhe der Sonne gegenüber auf, und indem er ſich ſelbſt mit ſeinem Rücken gegen die Sonne wandte, und ſein Geſicht gegen die Kugel kehrte, ſo fand er, daß wenn dieſes unter einer ſolchen Lage geſchahe, daß ein Strahl, der von der Sonne zur Kugel hinſchoß, einen Winkel mit einem

andern Strahle machte, der von ſeinem Auge bis zur Kugel ging, und 42 ° 3′ betrug, er die Kugel roth fand. Wurde nun die Lage der Kugel geändert, und ſo der Winkel zwiſchen dem Sonnen- und Geſichtsſtrahle geringer gemacht, ſo entſtanden alsdann andre Regenbogenfarben von Roth bis Violet, welches unter einem Winkel von 4 ° 17′ erfolgte.

So werden Sie nun im Stande ſeyn, ſich alle Erſcheinungen des Regenbogens zu erklären; er erſcheint jederzeit von einerlei Breite, weil die Grade der Refrangibilität der rothen und violetten Strahlen, welche die äußerſten Strahlen bilden, jederzeit einerlei ſind. Der Regenbogen macht einen größern oder geringern Theil eines Kreiſes. Unſer Auge iſt die Spitze eines Kegels, und die Strahlen, welche davon unter den erwähnten Winkeln ausfahren, machen die Oberfläche des Kegels; der gefärbte Kreis iſt die Grundfläche, wovon ein Theil ſichtbar iſt, indeß die Erde den Theil abſchneidet, welcher über dem Horizonte liegt. Der Theil, welchen wir ſehen, iſt folglich größer oder geringer, je nachdem die Geſichtslinie mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt iſt; dieſe Schiefe vermehrt ſich nach Verhältniß der Höhe der Sonne; folglich wird die Größe des Bogens vermindert, je nachdem die Höhe der Sonne größer iſt. Um dies deutlicher zu machen, wollen wir annehmen, daß der Zuſchauer auf der Spitze eines ſehr hohen Berges ſtehe, und der Regen unter einer geringen Entfernung vor ihm herabfalle, wo er dann anſtatt eines halbkreisförmigen Regenbogens einen vollkommnen Ring dieſes herrlichen Meteors ſehen wird, einen Kreis, der unſerm gewöhnlichen Bogen, welcher von der Erde abgeſchnitten wird, nicht gleich, ſondern vollkommen und ſchön iſt, ſo wie er insgemein von den Amerikaniſchen Anden geſehen wird.

Wir ſehen hieraus, warum es keinen Regenbogen giebt, wenn die Sonne über einer gewiſſen Höhe ſteht,

weil die koniſche Oberfläche, unter welcher er ſichtbar wird, unter dem Horizonte ſich befindet, wenn die Sonnen-Höhe mehr als 42 Grad beträgt; iſt die Höhe mehr als 42, aber geringer als 54, ſo kann der äußere Bogen ſichtbar werden, ohnerachtet der innere nicht geſehen werden kann. Zuweilen faßt der Regen nicht einen hinreichend groſſen Raum für einen vollſtändigen Bogen, in welchem Falle denn nur ein Theil eines Bogens ſichtbar ſeyn wird; überhaupt wird die Erſcheinung dieſes Theils, und oft der Bogen ſelbſt verſchieden ſeyn, je nachdem die Lage beſchaffen iſt, oder der Raum, den der Regen faßt.

Von der Trennung der urſprünglichen Lichtſtrahlen durch Reflexion, die von der Stärke des Medium abhängt, worauf ſie fallen.

Da nunmehr der Grund einer vernünftigen Theorie gelegt war, ſo war es natürlich, nachzuforſchen, durch welchen beſondern Mechanismus in dem Baue eines jeden beſondern Körpers er vermögend wäre, eine Art von Strahlen mehr als eine andre zu reflektiren. Dies ſchreibt Sir J. Newton der Dichtigkeit dieſer Körper zu. Dieſer Gegenſtand iſt freilich nicht ſo einleuchtend, wie der vorhergehende, und hat ſolchemnach jedem nachdenkenden Kopf zu verſchiedenen Zweifeln Gelegenheit gegeben, ſo wie auch wirklich von allen viele Schwierigkeiten dabei angetroffen worden ſind. Indeſſen giebt es keine optiſchen Verſuche, bei denen Sir J. Newton ſcheint mehr Sorgfalt verwendet zu haben, als diejenigen, welche ſich auf die Farbenringe beziehen, die in ſchwachen Platten zum Vorſchein kommen, und die ich Ihnen jetzt näher erklären will; bei allen ſeinen Beobachtungen und Nachforſchungen in Rückſicht derſelben äußert er die größte Geiſtesfähigkeit ſowohl als Phyſiker, als auch als Mathematiker.

Die Blaſen, welche Kinder aus einer Miſchung von Seife und Waſſer blaſen, fand Dr. Hooke, daß ſie verſchiedene Farben je nach ihrer mindern Stärke gaben, und daß, wenn ſie einen beträchtlichen Grad der Stärke erreicht hatten, ganz farbenlos waren; daraus entſtand die gegenwärtige Theorie. So werden von den übrigen Menſchen Dinge überſehen, die nicht ſelten äußerſt ergiebig ſind, denjenigen Winke zu geben, welche ſich Nachdenken eigen gemacht haben.

Sir J. Newton blies eine große Kugel aus einer ſtarken Miſchung Seife und Wäſſer, und bemerkte ſehr aufmerkſam die verſchiedenen Veränderungen der Farbe, die ſie annahm, während dem ſie ſich vergrößerte, bis zu dem Augenblicke als ſie zerplatzte. Allgemein bemerkte er, daß je dünner die Waſſerplatte wurde, woraus die Seiten der Kugel beſtanden, deſto mehr ſie einen violetfarbigen Strahl reflektirte; und daß nach Verhältniß, ſo wie die Seiten der Blaſe ſtärker und dichter waren, um deſto mehr ſie Roth reflektirten: er ward daher verleitet zu glauben, daß die Farben aller Körper von der Stärke und Dichtigkeit der kleinen durchſichtigen Platten herkämen, aus denen ſie beſtünden. Um nun dieſe Meinung der Gewißheit näher zu bringen, war es ſolchemnach erforderlich, die Stärke der Platte des Waſſers zu meſſen, woraus die Blaſe beſtand, welches aber freilich mit vieler Schwierigkeit verbunden war, da die Blaſe an ſich ſelbſt von einer zu durchſichtigen Natür war, um die erforderlichen Verſuche damit anzuſtellen.

Newton, der an Mitteln, um dazu zu gelangen, immer ſehr reich war, erinnerte ſich, bemerkt zu haben, daß wenn zwei Priſmen dicht an einander gedrückt wurden, ſo daß ihre Seiten (die zufälliger Weiſe etwas konvex waren) einander berührten, ſie beide an dem Orte des Zuſammenſtoßens ſo vollkommen durchſichtig waren, als

ob ſie nur aus einem einzelen Stück Glas geweſen wären, allein daß rund um den Punkt des Zuſammenſtoßens, wo die Gläſer etwas von einander getrennt wurden, Ringe von verſchiedenen Farben zum Vorſchein kamen.

Um nun aber deſto genauer die Ordnung der Farben zu beobachten, die auf dieſe Art erzeugt werden, ſetzte er eine Glaslinſe, deren Konvexität ſehr geringe war, auf ein flaches Glas. Nun iſt offenbar, daß dieſe blos an einem einzigen Punkte ſich berühren werden, und daß daher an allen andern Stellen zwiſchen den nahe liegenden Oberflächen eine ſchwache Luftplatte ſich ergeben werde, deren Stärke ſich in einem gewiſſen Verhältniſſe vermehrt, je nachdem der Abſtand von dem Berührungspunkte beſchaffen ſey.

So drückte er denn dieſe Gläſer allmählich aneinander, wodurch denn auch jetzt die Farben ſehr bald aufſtiegen, und bis zu einer beträchtlichen Entfernung ſichtbar wurden; zunächſt folgte auf den hellen mittlern Punkt, welcher durch den Zuſammenſtoß der Gläſer entſtand, Blau, Gelb, Weiß, Gelb und Roth. Das Blau war an Menge ſehr geringe, ſo wie man auch kein Violet darin unterſcheiden konnte; dahingegen aber war Gelb und Roth ſehr häufig, und erſtreckte ſich ohngefähr ſo weit als das Weiß, und vier bis fünfmal ſo weit als das Blau. Der nächſte Umfang, welcher dieſe umgab, beſtand aus Violet, Blau, Grün, Gelb und Roth; alle dieſe waren ſehr häufig, ausgenommen Grün, welches an Menge ſehr geringe war, und blaſſer und verdünnter ſchien als alle übrigen Farben. Der dritte Farbenkreis war Purpur, Blau, Grün, Gelb und Roth; in dieſem war das Purpur mehr röthlich als das Violet in dem erſtern Umfange, ſo wie denn das Grün deutlicher war, und ſo helle und häufig, als irgend eine der übrigen Farben, ausgenommen Gelb; das Roth war ebenfalls etwas

ſchwach. Der vierte Kreis beſtand aus Grün und Roth; das Grün war häufig und lebhaft, und neigte ſich an der einen Seite gegen Blau, an der andern Seite hingegen gegen Gelb, allein es gab weder Violet, Blau noch Gelb, auch war das Roth ſehr unvollkommen und kothig. Jeder äußere Umfang oder Ring war dunkler als diejenigen innerhalb, gleich den kreisförmigen Wellen auf einer geſtörten Schicht Waſſer, bis ſie ſich endlich in ein vollkommnes Weiß endigten.

Da die auf dieſe Art gefundenen Farben nach den verſchiedenen Entfernungen der Glasplatten von einander ſich veränderten, ſo ſchloß Newton, daß ſie von der verſchiedenen Stärke der Luftplatte herrührten, die ſich zwiſchen den Gläſern befände; und daß dieſe Platte blos vermöge des Umſtands der mehr oder wenigern Stärke geneigt wäre, dieſe oder jene beſondere Farbe zu reflektiren oder durchzulaſſen; woraus er denn ſchloß, wie wir vorher bemerkt haben, daß die Farben aller natürlichen Körper von ihren komponirenden Theilchen abhiengen. Er errichtete darauf eine Tafel, worin die Stärke einer Platte, als erforderlich ſey, irgend eine beſondre Farbe zu reflektiren, in Theilchen eines Zolls beſtimmt war, die in 1,000,000 Theile getheilt wurden.

Die Erſcheinung dieſer Kreiſe, wenn die Gläſer ganz zuſammengedrückt waren, ſo daß ſie einen ſchwarzen Fleck im Mittelpunkte machten, iſt Taf. VII. Fig. 15. verzeichnet, wo a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, x, y, z die Farben vorſtellen, in der Ordnung von dem Mittelpunkte an gerechnet, nämlich Schwarz, Blau, Grün, Gelb, Roth, Purpur, Blau, Grün, Gelb, Roth; Grün, Roth; grünlich Blau, Roth; grünlich Blau, röthlich Weiß.

Ich habe bereits bemerkt, daß die dünnen Platten, deren man ſich in den erſten Verſuchen bediente, einige Arten von Strahlen in beſondern Theilen reflektirten, und andre in den nämlichen Theilen durchließen. Daher erſchienen die gefärbten Ringe verſchiedentlich, je nachdem ſie durch reflektirtes oder durchgelaſſenes Licht geſehen wurden, d. i. je nachdem als die Platten zwiſchen dem Auge und dem Fenſter empor gehalten wurden oder nicht. Um indeſſen aber dieſes beſſer einzuſehen, iſt hier eine Tafel, auf deren einer Seite die Farben angegeben ſind, welche auf den Platten durch reflektirtes Licht erſcheinen, und auf der andern diejenigen, welche man ſieht, wenn die Gläſer zwiſchen dem Auge und dem Fenſter gehalten werden. Der Mittelpunkt, wenn die Gläſer in vollkommner Berührung waren, war vollkommen durchſichtig; dieſer Fleck daher, wenn er durch reflektirtes Licht betrachtet wird, erſcheint ſchwarz, weil er alle Strahlen durchgehen läßt, ſo wie denn aus eben der Urſache er weiß erſcheint, wenn er vermittelſt durchgegangenen Lichts betrachtet wird.

Farben durch reflektirtes Licht.	Farben durch durchgelaſſenes Licht.
Schwarz	Weiß
Blau	Gelblich Roth
Weiß	Schwarz
Gelb	Violet
Roth	Blau
Violet	Weiß
Blau	Gelb
Grün	Roth
Gelb	Violet
Roth	Blau
Purpur	Grün
Blau	Gelb

Grün }	Roth
Gelb }	Bläulich Grün
Roth }	
Grün	Roth
Roth	Bläulich Grün
Grünlich Blau	Roth
Roth	

Bei Vergleichung der Ringe, welche durch durchgelaſſenes erhalten werden, mit denjenigen die durch reflektirtes Licht hervorgebracht werden, fand man das Weiß dem Schwarz, das Roth dem Blau, das Gelb dem Violet, und das Grün einer Farbe entgegengeſetzt, die aus Roth und Violet entſtand, mit andern Worten, die Theile des Glaſes, welche, wenn man darnach ſahe, weiß waren, erſchienen ſchwarz, wenn man durch das Glas ſahe; und im Gegentheil diejenigen, welche in dem erſten Beiſpiele ſchwarz erſchienen, erſchienen im zweiten Falle weiß; und ſo in Rückſicht der übrigen Farben, wie man leicht einſehen wird, wenn man die Vorſtellung zu Hülfe nimmt, wo AB, CD Taf. VII. Fig. 17. die Gläſer vorſtellen, welche bei E aneinander ſtoßen; die ſchwarzen Linien, welche zwiſchen ihnen gezogen ſind, ſind die Entfernungen zwiſchen den zwei Oberflächen, unter verſchiedenen Entfernungen von dem Mittelpunkte, wo jeder Abſtand einem gefärbten Ringe entſpricht. Die Farben, welche oberhalb geſchrieben worden, ſind diejenigen, welche durch reflektirtes Licht geſehen werden, diejenigen unterhalb hingegen diejenigen Farben, die man durch durchgelaſſenes Licht ſieht. Newton hat gezeigt, daß die Strahlen irgend einer beſondern Farbe reflektirt werden, wenn die Stärke der Luftplatte iſt wie die Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. ſ. f. hingegen die nämlichen Strahlen unter den zwiſchenliegenden Stärken durchgelaſſen werden, welche ſind wie die Zahlen 0, 2, 4, 6, 8, 10 u. ſ. f.

Die Stellen der Reflexion oder Durchlaſſung der verſchiedenen Farben in einer Reihe ſind ſo nahe aneinander, daß die Farben einander durch Vermiſchung verdünnen; daher überſteigt denn die Zahl der Reihe im ofnen Tagelichte ſelten 7 oder 8. Allein wenn das Syſtem durch ein Priſma betrachtet wird, wodurch die Ringe verſchiedener Farben getrennt werden, ſo können ſie zufolge ihrer Refrangibilität an derjenigen Seite geſehen werden, gegen welche die Refraktion erfolgt, und zwar ſo zahlreich, daß es unmöglich iſt ſie zu zählen. Oder wenn in einem dunklen Zimmer das Sonnenlicht in ſeine urſprünglichen Farben durch ein Priſma getrennt wird, und ein Strahl einer unzuſammengeſetzten Farbe wird auf den zwei Gläſern aufgenommen, ſo wird die Menge der Kreiſe ſehr zahlreich werden, und ſowohl das reflektirte als durchgelaſſene Licht wird von einerlei Farbe wie der urſprünglich einfallende Strahl bleiben. Dieſer Verſuch zeigt dann, daß in irgend einer Reihe die Kreiſe, welche durch die weniger refrangibeln Strahlen entſtehen, an Größe diejenigen übertreffen, welche durch mehr refrangible Strahlen gebildet werden; und daß folglich in irgend einer Reihe die mehr refrangibeln Strahlen unter einer geringern Stärke reflektirt werden, als diejenigen, welche weniger refrangibel ſind.

Waſſer, welches man an den Rändern des Glaſes anbringt, wird dazwiſchen angezogen und füllt den dazwiſchen liegenden Raum: ſo erhält man eine ſchwache Platte von den nämlichen Dimenſionen als diejenige, welche vorher aus Luft beſtand: in dieſem Falle wurden die kreisförmigen Ringe geringer und die Farben bläſſer, allein in der Art nicht abgeändert. Sie wurden im Durchmeſſer, beinahe in dem Verhältniſſe wie 7 zu 8 zuſammengezogen, und es ſind folglich die Zwiſchenräume der Gläſer bei ähnlichen Kreiſen, ſo wie ſie durch dieſe zwei Me-

dia entſtehen, ohngefähr wie 3 zu 4, d. i. wie die Sinus der Refraktion aus Waſſer in Luft.

Ich habe Ihnen bereits von der Verſchiedenheit der Farben erwähnet, welche durch Blaſen erhalten werden, die in Seifwaſſer aufgeblaſen werden: allein da dieſe Farben insgemein zu ſehr von der äußern Luft bewegt werden, um eine genaue und ſichere Beobachtung zu geſtatten, ſo iſt es erforderlich, die Blaſe mit einem reinen Glaſe zu bedecken*), unter welcher Lage Sie denn folgende Erſcheinungen werden gewahr werden: die Farben ſteigen von der Spitze der Blaſe hervor, und ſo wie ſie vermöge des Sinkens des Waſſers dünner wird, verbreiten ſie ſich in Ringe, die mit dem Horizonte parallel ſind, welche ſich denn allmählich ſenken, und nach und nach am Boden verſchwinden. Dieſes Aufſteigen fährt fort, bis das Waſſer an dem obern Theile der Blaſe zu ſchwach wird, um das Licht reflektiren zu können, zu welcher Zeit denn ein Kreis von einer dichten Schwärze oberhalb erſcheint, welcher ſich allmählich ausbreitet, und zuweilen drei Viertheile eines Zolls beträgt, ehe dieſe Blaſe berſtet. Rechnet man nun von dem ſchwarzen mittlern Flecke, ſo ſind die reflektirten Farben in der Folge und Eigenſchaft die nämlichen, wie diejenigen, welche durch die vorher erwähnte Luftplatte hervorgebracht worden ſind, ſo wie denn die Erſcheinung der Blaſe, wenn ſie durch durchgelaſſenes Licht betrachtet wird, derjenigen der Luftplatte unter gleichen Umſtänden ähnlich iſt.

Man nehme ſehr ſchwache Platten von Talk oder Moſkovitiſchem Glaſe, welche dieſe Farben geben; benetzt man ſodann dieſe Platten, ſo bleiben die Farben wie vorher, allein ſie werden blaſſer und matter, beſonders wenn

*) Nicholſon's Introduction to Philoſophy Vol. I, p. 283.

ſie an der untern Seite benetzt werden. So daß die Stärke irgend einer Platte, die erforderlich iſt, um irgend eine Farbe zu erzeugen, blos allein von der Dichtigkeit der Platte abzuhängen ſcheint, keineswegs aber von der Dichtigkeit des einſchließenden Medium. Allein die Farben ſind lebhafter, wenn ihre Dichtigkeiten verſchieden ſind.

Wenn zwei Stücken einer Glasplatte, oder flaches gemeines Glas vorher abgewiſcht, und ſodann mit einander gerieben werden, ſo werden ſie bald mit einem beträchtlichen Grade von Stärke aneinander hängen, und verſchiedene Reihen von Farben geben, die ungleich breiter ſind, als diejenigen, welche durch Linſen erhalten werden. Unter den vorzüglich merkwürdigen Umſtänden, welche dieſes Verfahren zu Anſtellung des Verſuchs betreffen, iſt die Leichtigkeit, womit die Farben weggenommen, oder ſelbſt zum Verſchwinden gebracht werden können, wenn man eine Wärme anwendet, die jedoch zu geringe iſt, um die Gläſer zu trennen. Eine Berührung mit dem Finger verurſacht unmittelbar die unregelmäßigen Ringe der Farben, daß ſie ſich gegen ihren Mittelpunkt in dem berührten Theile zuſammenziehen.

Nach dieſen Verſuchen ſieht man offenbar, daß die Farben der Körper in gewiſſem Grade von der Stärke und Dichtigkeit der Theile abhängen, aus denen ſie beſtehen.

Wenn daher die Dichtigkeit, oder die Größe der Partikelchen auf der Oberfläche eines Körpers verändert wird, ſo wird gleichfalls auch die Farbe verändert.

Wenn die Stärke der Partikelchen eines Körpers ſo beſchaffen iſt, daß eine Art von Licht, oder eine Art von Farbe reflektirt wird, ſo wird ein andres Licht, oder eine

andre Farbe durchgelaſſen werden, und der Körper wird daher von der erſten Farbe erſcheinen.

Eine gewiſſe beſtimmte Stärke ſcheint indeſſen bei einer Waſſerplatte erforderlich zu ſeyn, um eine beſondre Farbe zu reflektiren, ſo wie eine andre um irgend eine andre Farbe reflektiren zu können; überhaupt iſt eine geringere Stärke erforderlich, um die am meiſten refrangibeln Strahlen, wie Violet und Indig, zu reflektiren, als diejenige für die am wenigſten refrangibeln, wie Roth und Orange.

Die Partikelchen der Körper reflektiren Strahlen von einer Farbe, und laſſen diejenigen einer andern durchgehen: dies iſt denn auch der Grund aller ihrer Farben.

Von dem veränderlichen Zuſtande eines Lichtſtrahls auf ſeinem Wege durch irgend eine refraktirende Oberfläche, der im Fortgange des Strahls unter gleichen Intervallen wiederkehrt, und ihn bei jedem Wechſeln geneigt macht, durchgelaſſen, und zwiſchen dem Wechſel dahin reflektirt zu werden.

Um die Intervallen der gefärbten Ringe in dieſen ſchwachen Platten, ſo wie andre Urſachen der Reflexion und Durchlaſſung des Lichts zu erklären, bedient ſich Sir J. Newton einer Hypotheſe; indeſſen will er keineswegs, daß man unbedingt darauf baue, ob er ſchon ſelbſt keinen Verdacht auf ihre Zuverläſſigkeit zu hegen ſcheint, ſondern er hält ſie mehr für eine Art von richtiger Folgerung der vorhergehenden Verſuche.

Dieſe Hypotheſe iſt folgende: daß jeder Lichtſtrahl bei ſeinem erſten Ausgehen von dem leuchtenden Körper in einen vorübergehenden Zuſtand oder Beſchaffenheit geſetzt werde, welcher im weitern Fortgange unter gleichen Intervallen wechſelt, und ihn bei jedem Wechſel geneigt gemacht, leicht von irgend einer refraktirenden Oberfläche durchgelaſſen zu werden, auf welche er ſtößt; dahingegen in den Zwiſchenräumen zwiſchen dieſen Wechſeln er in den Stand geſetzt wird, leicht reflektirt zu werden; ſo daß bei dem Auffallen einer Menge Lichtſtrahlen an der Oberfläche eines jeden Medium diejenigen derſelben, die geneigt waren, leicht durchgelaſſen zu werden, den Zwiſchenraum zwiſchen den zwei Medien durchgehen, und diejenigen, die ſich im entgegengeſetzten Zuſtande befanden, reflektirt werden; in dieſer Rückſicht wird einiges Licht gewöhnlicher Weiſe bey jeder verſchiedenen Oberfläche, worauf es fällt, reflektirt, und einiges durchgelaſſen. Dieſe Zuſtände, in welche die Lichtſtrahlen geſetzt werden, nennt er Uebergänge der leichten Reflexion und des leichten Durchgangs.

Dieſe Hypotheſe iſt nicht ohne Schwierigkeiten, und erfordert daher bei ihrer Annahme viele Vorſicht, ſo wie ſie nur ſo lange vorgeſchlagen worden, als man ſie entweder durch Verſuche beſtätigt oder widerlegt findet, und ſodann ſtatt derſelben eine neue Theorie Statt findet.

Wo wir gewiſſermaßen bis zu den Gränzen der materiellen Welt gelangen, da muß man immer erwarten, daß man Verwirrung und Dunkelheit in unſern Erklärungen finden werde. Es ſind die Schlagbäume unſrer Kenntniſſe, über welche man durch keine menſchlichen Verſtandeskräfte gelangen kann. Sir Iſaac Newton, gewiſſermaßen der Geſetzgeber der Phyſiker, erklärte unter der Form von Muthmaßungen oder Fragen dieſe Ringe, da er nicht im Stande war, ſie mit hinreichender Genauig-

keit zu beſtimmen, und vermied dadurch die raſchen Behauptungen, welche von denjenigen ſo begierig ergriffen werden, deren Wunſch es iſt, die Menſchen zu hintergehen.

Er vermuthete nämlich, daß dieſe Uebergänge von leichter Reflexion und leichtem Durchgehen von Vibrationen eines feinen Fluidum entſtehen, in welches der Strahl geht, indem irgend ein Strahl geneigt iſt, durchgelaſſen zu werden, wenn die Vibration damit zuſammen trift, und reflektirt zu werden, wenn hierdurch eine Gegenwirkung erfolgt.

Auch glaubte er, daß dieſe Vibrationen durch die wechſelſeitige Wirkung und Gegenwirkung der Körper und dieſes Medium in dem Augenblicke der Refraktion und Reflexion erweckt werden dürften.

Newton nahm alſo zwei Urſachen dieſer Neigung zur Reflexion und Durchlaſſung an, wenn Lichtſtrahlen zu irgend einer neuen Oberfläche gelangen. Die eine derſelben iſt die regelmäßige Vibration des ätheriſchen Medium, welches darauf in dem ganzen Verfolge deſſelben von dem leuchtenden Körper wirkt; die andre iſt die zitternde Bewegung, oder die unregelmäßige Vibration des nämlichen Medium an den Oberflächen der Körper, die durch die Wirkung und Gegenwirkung zwiſchen dieſen Körpern und dem Lichte verurſacht wird.

So wie Steine, wenn ſie ins Waſſer fallen, das Waſſer in eine wellenförmige Bewegung ſetzen, und alle Körper durch ihren Stoß Vibrationen in der Luft erzeugen; ſo erwecken die Lichtſtrahlen, wenn ſie auf irgend eine refraktirende oder reflektirende Oberfläche fallen, Vibrationen in dem refraktirenden oder reflektirenden Medium, und ſo wie ſie dieſe verurſachen, bewegen ſie die feſten

Theile des refraktirenden oder reflektirenden Körpers, und daß dann die ſolchergeſtalt in dieſem feinen refraktirenden oder reflektirenden Medium erregten Vibrationen gewiſſermaßen auf die Art fortgepflanzt werden, wie Vibrationen in der Luft geſchehen, die den Ton erzeugen, und ſich geſchwinder bewegen als die Strahlen, um ſie gewiſſermaßen zu überhohlen; auch daß, wenn irgend ein Strahl in dieſem Theile der Vibration ſich befindet, welcher mit ſeiner Bewegung übereinſtimmt, er leicht durch eine refraktirende Oberfläche breche, hingegen aber, wenn er an dem entgegengeſetzten Theile der Vibration iſt, wo ſeine Bewegung gehindert wird, er leicht reflektirt werde; ſo daß folglich jeder Strahl nach und nach in die Lage komme, leicht reflektirt, oder durch jede Vibration, von der er eingehohlt wird, leicht durchgelaſſen zu werden.

Von den bleibenden Farben der natürlichen Körper, und von der Analogie zwiſchen denſelben und den Farben ſchwacher durchſcheinender Platten.

Sie haben bereits geſehen, daß die Farben der natürlichen Körper in einer Beſchaffenheit beſtehen, eine Art von Strahlen häufiger zu reflektiren, als eine andre, und daß andre Körper von einer verſchiedenen Farbe ſind, weil ſie Strahlen von einer verſchiedenen Art reflektiren, mithin, wenn Licht blos aus einer Art von Strahlen beſtünde, nur eine Farbe in der Welt ſeyn würde; auch würde es nicht möglich ſeyn, durch Refraktionen oder Reflexionen eine neue hervorzubringen. So werden in einigen Körpern alle Strahlen, außer den Roth machenden verſchluckt, die dann, wenn ſie zu unſern Augen reflektirt werden, in uns den Begrif von Roth erwecken; daher ſagen wir dann, daß ein ſolches Stück Tuch u. ſ. f. roth ſey, indem wir dieſes

blos dem Tuche oder dem Holze zuſchreiben, was eigentlich mehr von dem Lichte herkommt, von dem es ſeine abwechſelnde Schönheit erhält. So verſchluckt der Rubin Grün, Blau und Violet, dahingegen er die rothmachenden Strahlen in unſer Auge mit allem ihren priſmatiſchen Glanze reflektirt. Der Amethiſt ſaugt die ſtärkern Strahlen ein, und giebt ein Violet unter milderm Glanze. Der Jonquil giebt uns blos Gelb, und der Hyacinth ſein lebhaftes Blau. Jeder gefärbte Gegenſtand kann ſolchergeſtalt als ein beſonderer Theiler der Strahlen angeſehen werden, wo eine oder mehrere Farben getrennt, und alle übrigen gemiſcht werden.

Diejenigen Oberflächen durchſichtiger Körper, welche die größte refraktirende Kraft beſitzen, reflektiren auch die größte Menge Licht. Mit andern Worten, Körper, wodurch das Licht mehr refraktirt wird, reflektiren es auch gleichfalls ſtärker. Diamanten, welche das Licht ſehr ſtark refraktiren, geben nach Verhältniß eine ſtärkere Reflexion; daher entſteht die Lebhaftigkeit ihrer Farben, und ihres ſo auffallenden Glanzes.

Die Analogie zwiſchen Refraktion und Reflexion ſieht man daraus, daß das am meiſten refraktirende Medium gänzlich die Lichtſtrahlen unter gewiſſen Graden des Einfalls reflektirt. Allein die Richtigkeit des Satzes erhellt noch ferner, wenn man auf die durchſichtigen Körper, als Luft, Waſſer, Oel, Glas Rückſicht nimmt. Der Isländiſche Kriſtall, der weiße durchſcheinende Arſenik, und der Diamant beſitzen eine ſtärkere oder ſchwächere Reflexion, je nach den größern oder geringern refraktirenden Kräften der Medien, welche ſie umgeben. So iſt ſie an der Gränze von Luft und Steinſalz ſtärker, als an den Gränzen von Luft und Waſſer, noch ſtärker zwiſchen gemeiner Luft und Glas, und noch ſtärker zwiſchen Luft und einem Diamant. Wenn irgend eins davon in Waſſer ge-

taucht wird, ſo wird deſſen Reflexion ſchwächer, als ſie vorher war, und noch ſchwächer, wenn es in Flüſſigkeiten von einer größern refraktirenden Kraft eingetaucht wird. Wenn Waſſer in zwei Theile durch irgend eine eingebildete Oberfläche getheilt wird, ſo giebt es keine Reflexion an den Gränzen dieſer zwei Theile, ſo wie denn aus eben dieſer Urſache keine merkliche Reflexion in der Gränze zweier Gläſer von gleicher Dichtigkeit Statt finden kann. Die Urſache alſo, warum alle durchſichtigen Media keine merkliche Reflexion äußern, als an ihren äußern Oberflächen, wo ſie mit Medien von verſchiedenen Dichtigkeiten zuſammenſtoßen, iſt, daß ihre nahe liegenden Theile genau einerlei Grad von Dichtigkeit beſitzen.

Die kleinſten Theile aller Körper, obſchon ſcheinbar ohne alle Durchſichtigkeit, wenn ſie im Großen geſehen werden, findet man jedoch, wenn man ſie einzeln beſieht, daß ſie in gewiſſem Maaße durchſichtig ſind, deren Undurchſichtigkeit alſo von der Menge der Reflexionen entſteht, die in ihren innern Theilen erzeugt wird. Dieſe Bemerkung kann leicht entſchieden werden, wenn man ſich dieſerwegen eines Mikroſkops bedient, wo ſie größtentheils durchſichtig gefunden werden. Nichts ſcheint mehr undurchſichtig zu ſeyn, als die Kleider, die Sie tragen. Allein wir wollen blos eines von den wollenen Haaren mit einem Mikroſkope unterſuchen, woraus ſie beſtehen, ſo werden Sie dieſelben beinahe ganz durchſichtig finden. Gold in Maſſe läßt kein Licht durchgehen, allein wenn es beſonders ſehr ſchwach geſchlagen wird, findet man es eben ſo durchſichtig als andre Körper. Hält man es gegen eine Oefnung in einem verfinſterten Zimmer, ſo wird es das Anſehen einer grünlichen Farbe haben. Beſteht nun Gold aus durchſichtigen Theilen, ſo können wir ſicher auch das nämliche von andern Körpern folgern,

ſo wie Sie denn auch in der That ſehr wenig: finden werden, die, nachdem ſie hinreichend ſchwach gemacht worden ſind, und gegen eine Oefnung gehalten werden, nicht offenbare Merkmale der Durchſichtigkeit geben ſollten.

Da nun Licht einen freien Weg durch die kleinſten Partikelchen findet, ſo entſteht die Frage, was ſie undurchſichtig macht; die Urſache davon ſchreibt Newton der Menge von Reflexionen und Refraktionen zu, welche in ihren innern Theilen Statt finden, indem zwiſchen den Theilen dunkler oder gefärbter Körper eine Menge von Räumen ſich befindet, die mit Medien von verſchiedener Dichtigkeit gegen diejenige des Körpers angefüllt ſind, z. B. Waſſer zwiſchen den tingirenden Theilen, womit jede Flüſſigkeit geſchwängert iſt; Luft zwiſchen den Waſſerkügelchen, welche Wolken und Dünſte bilden u. ſ. f. Durch dieſe Räume kann das Licht nicht dringen, ohne es auf verſchiedene Art zu refraktiren oder zu reflektiren, wodurch es denn gehindert wird, daß es in gerader Linie fortgeht, welches geſchehen würde, wenn die Theile ſtätig wären, und es keine ſolche Zwiſchenräume gäbe; denn Sie haben bereits geſehen, daß Reflexionen blos an den Oberflächen der Medien von verſchiedenen Dichtigkeiten geſchehen. Die Undurchſichtigkeit der Körper entſteht daher von der Unſtätigkeit ihrer Theilchen, und der verſchiedenen Dichtigkeit der zwiſchenliegenden Medien und ihrer Theilchen.

Dieſer Begrif von der Undurchſichtigkeit beſtätiget ſich beſonders, wenn man überlegt, daß undurchſichtige Körper durchſichtig werden, wenn man ihre Poren mit irgend einer Subſtanz anfüllt, die beinahe von gleicher Dichtigkeit mit ihren Theilen iſt. Wird daher auf dieſe Art Papier mit Oel oder Waſſer angefeuchtet, oder wird Leinwand in Waſſer getaucht, geölt oder mit Firniß überzogen, oder das Weltauge wird in Waſſer gehalten u. ſ. f.

ſo werden ſie durchſichtiger als ſie vorher waren. Da das Füllen der Poren eines undurchſichtigen Körpers ihn durchſichtig macht, ſo macht hingegen das Leermachen der Poren eines durchſichtigen Körpers, oder das Trennen ſeiner Theile ihn undurchſichtig, z. B. Salze, oder naſſes Papier, wenn ſie getrocknet werden: Horn, wenn es geſchabt wird; Glas, wenn es zu einem Pulver gebracht, oder auf andre Art zerbrochen wird; Terpentin, wenn er mit Waſſer umgerührt wird, ſo daß eine unvollkommne Miſchung entſteht; und Waſſer, wenn es in viele kleine Blaſen, entweder in Form eines Schaums verwandelt wird, oder indem man es mit Terpentinöl, oder einer andern paſſenden Flüſſigkeit ſchüttelt, womit es ſich nicht verkörpert.

In der Gleichartigkeit alſo müſſen Sie die Urſache der Durchſichtigkeit ſuchen. Wenn es viele Poren in einem Körper giebt, und dieſe werden mit einer Materie angefüllt, die an Dichtigkeit gegen diejenige des Körpers ſelbſt ſehr verſchieden iſt, ſo wird das Licht tauſenderlei Refraktionen und Reflexionen in den innern Theilen erleiden, und ſolchergeſtalt ganz vertilgt werden.

Die Theile der Körper und ihre Zwiſchenräume müſſen nicht geringer ſeyn, als bis zu einer gewiſſen beſtimmten Größe, um undurchſichtig und gefärbt zu werden.

Denn die meiſten undurchſichtigen Körper, wenn ihre Theile hinreichend getheilt werden, z. B. Metalle, wenn ſie in ſauern Menſtruen u. ſ. f. aufgelöſet werden, werden vollkommen durchſichtig. Auch werden Sie ſich erinnern, daß der ſchwarze Fleck nahe am Berührungspunkte zweier Glasplatten, das ganze Licht durchgehen ließ, wo die Gläſer ſich nicht vollkommen berührten; und die Reflexion an dem ſchwächſten Theile der Seifenblaſe war

ſo unmerklich, daß dieſer Theil vermöge des Mangels an reflektirtem Lichte vollkommen ſchwarz erſchien.

Zufolge dieſer Urſachen geſchieht es denn, daß Waſſer, Salz, Glas, Steine u. ſ. f. durchſichtig werden, denn nach verſchiedenen Bemerkungen ſcheinen ſie ſo voller Poren zu ſeyn, als alle übrigen Körper, nur daß ihre Partikelchen und Poren zu klein ſind, um auf ihren gemeinſchaftlichen Oberflächen eine Reflexion zu bewirken.

Die durchſichtigen Theile der Körper müſſen zufolge ihrer verſchiedenen Größe, Strahlen von einer Farbe reflektiren, und diejenigen anderer durchgehen laſſen, aus dem nämlichen Grunde, warum ſchwache Platten oder Gläſer dieſe Strahlen reflektiren oder durchlaſſen; dies ſcheint denn auch der Grund aller ihrer Farben zu ſeyn.

Daß dieß der Fall ſey, ſieht man aus verſchiedenen Beobachtungen, ſo wie Sie auch zufolge dieſer Grundſätze ſich die Verſchiedenheit der Farben erklären können, die man an verſchiedenen Seidenzeugen, an den Hälſen der Tauben, an den Schwänzen der Pfauen, und den Federn andrer ſchön gefärbten Vögel gewahr wird. Wenn Sie ihr Auge auf den Hals einer Taube wenden, und beide ruhig bleiben, ſo wird man blos eine Farbe gewahr werden; allein ſo wie ſich eins bewegt, beſonders letzteres, ſo ſieht man eine verſchiedene Farbe. Schillernde ſeidene Zeuge werden mit Fäden von verſchiedenen Farben durchwebt, die einen liegen der Länge nach, die andern querüber, und ſo wie das größere oder geringere Verhältniß derſelben erſcheint, ſo wird auch eine oder die andere dieſer Farben das Uebergewichte haben. Man befeuchte dieſe doppelt gefärbten Gegenſtände, tauche die ſich wechſelnde Feder in Waſſer, oder den ſchielenden Seidenzeug in Oel, ſo werden ihre Reflexionen ungleich weniger lebhaft ſeyn, und blos eine gleichförmige Schattirung an

Farbe geben. Die Haut des Camelion iſt durchſichtig, da ihr Grund zwiſchen blaß Roth und Gelb iſt, mit einer Menge kleiner weicher Vorragungen von kalter blauer Farbe. Es beſitzt das Vermögen, ſeine Haut nach Gefallen aufzublaſen oder zuſammenzuziehen. Dies macht denn, daß dem Anſehen nach die verſchiedenen Farben abändern: ſo erſcheint es daher bald röthlich, ein andermal hingegen blau: die gelben Strahlen des Grundes, die ſich gelegentlich mit dem Blau der Hervorragungen vermiſchen, verurſachen die Erſcheinung von Grün, und befindet es ſich auf einer rothen oder gelben Subſtanz, ſo werden ſeine natürlichen Farben um deſto mehr erhöhet.

Es iſt aus verſchiedenen Erſcheinungen offenbar, daß eine große Menge der bläſſer gefärbten Strahlen in ihrem Durchgange durch die Atmoſphäre verhindert, und von da auf andre Körper reflektirt werden, indeß die rothen und orangefarbnen Strahlen bis zu größern Entfernungen durchgehen. Dieſer Umſtand erklärt den blauen Duft der Körper, die blaue Farbe des Himmels, und die rothe Farbe der Wolken, wenn die Sonne nahe am Horizonte ſich befindet.

Zu gewiſſen Zeiten, wenn der Himmel heiter und rein iſt, am Morgen und Abend hat man bemerkt, daß die Schatten, welche von dunkeln Körpern geworfen werden, mit Blau und Grün tingirt ſind. Dieſer Umſtand ſchreibt ſich natürlicher Weiſe von den kleinen Partikelchen der Atmoſphäre her, welche die feinen und am meiſten refrangibeln Strahlen; z. B. das Blau und Violet, reflektirt, und ſolchemnach ein Hervorſtechen dieſer Farben verurſacht.

Die blaue Farbe des Himmels kann aus eben dieſen Grundſätzen erklärt werden, nämlich von der häufigen Reflexion der blauen Strahlen durch die Atmoſphäre, welche

die Wirkung eines Bogens von dieſer Farbe rings um uns herum erzeugt. Dieſe wird denn gelegentlich durch Dünſte von größerer Dichtigkeit abgeändert, welche ſo die ſtärkern Strahlen reflektiren.

Die gefärbten Wolken insbeſondere, welche am Morgen und Abend erſcheinen, wenn die Sonne im oder nahe am Horizonte iſt, laſſen ſich von den nämlichen Urſachen herleiten. Die Strahlen des Lichts durchſtreichen einen ungeheuern großen Raum der Atmoſphäre; die bläſſern und feinern Strahlen, als Blau und Violet, werden durch wiederhohlte Reflexionen der atmoſphäriſchen Theilchen abgeſondert; und die ſtärkern Strahlen, als Roth, Orange u. ſ. f. gehen weiter fort, und reichen bis an die Wolken, von woher ſie dann reflektirt werden. Zufolge dieſer Theorie werden Sie denn auch finden, daß das horizontale Licht der Sonne zuweilen ſo tief roth gefärbt iſt, daß Gegenſtände, welche davon erleuchtet werden, häufig hell Orange und ſelbſt roth erſcheinen. Man bemerkt indeſſen nicht, daß die Wolken allgemein ihre hellern Farben erhalten, als bis die Sonne einige Minuten bereits untergegangen iſt, und daß ſie aus Gelb in eine flammende Goldfarbe übergehen; von da gehen ſie nach und nach in Roth, welches tiefer und tiefer wird, bis die Sonne ſie ganz verläßt, und ſolchemnach durch das Verſchwinden der Sonne ſie vermöge der Reflexion des blauen Lichts aus der Luft eine Bleifarbe annehmen. Eine ähnliche Veränderung der Farbe bemerkt man an den Schneegipfeln der Alpen, ſo wie man eben dieſes, obſchon weniger ſtark, an den öſtlichen und weſtlichen Außenſeiten weißer Gebäude ſieht: die St. Paulskirche in London iſt ein Gegenſtand dieſer Art, die nicht ſelten bei Sonnenuntergang mit einem beträchtlichen Grade von Roth tingirt wird. Was aber dieſe Farben in den Wolken reicher und häufiger macht, iſt ihre halbe Durchſichtigkeit, verbunden mit der Schiefe ihrer Lage.

Es iſt wahrſcheinlich, daß einerlei gefärbtes Licht, welches, wenn es vermöge der Refraktion der Atmoſphäre in den Schatten der Erde geworfen wird, zuweilen dem Monde bei einer totalen Finſterniß das Anſehen einer dunkeln röthlichen Ziegelfarbe giebt. Aus eben dieſer Urſache wird die Farbe des Monds bei Finſterniſſen je nach dem Umfange der Atmoſphäre, als die Strahlen zu durchlaufen haben, ſich verändern.

Delavals Erklärung der beſtändigen Farben undurchſichtiger Körper.

Ich würde dieſen Gegenſtand ſehr unvollendet verlaſſen, wenn ich nicht einige von den ſinnreichen Bemerkungen des Herrn Delaval anführen wollte, die ich aus einer Abhandlung gezogen habe, die er der litterariſchen und philoſophiſchen Societät zu Mancheſter mitgetheilt hat, und die im zweiten Bande ihrer Memoiren bekannt gemacht worden iſt. Es giebt indeſſen noch ein anderes Werk des Delaval, welches er vor dieſer Abhandlung geſchrieben, und ebenfalls auch der nähern Bemerkung werth iſt: es führt den Titel: Experimental Inquiry into the Cauſes and Changes of Colours in opake and coloured bodies.

Herr Delaval wurde hierzu aus Ueberzeugung ihres Nutzens in Rückſicht der bildenden und ſchönen Künſte aufgemuntert, wo es beſonders auf Zubereitung und Anwendung färbender Subſtanzen ankommt, und wo er zugleich ſo gerechter Weiſe bemerkt, daß unſre Bemühungen in der Experimentalphyſik ſich nicht blos allein auf Theorie erſtrecken, ſondern auch zur wirklichen ausübenden Anwendung hingeleitet werden ſollten.

Denn nach Verhältniß als die Grundſätze einer Wiſſenſchaft unbekannt oder mißverſtanden bleiben, müſſen folglich nothwendig auch die Fortſchritte in Künſten und Manufakturen, welche davon hergeleitet werden, gehindert werden; denn ohne dieſe Führer können weder hinreichende Beiträge, noch Vervollkommung erwartet werden. Allein wenn scientifiſche Grundſätze dem Künſtler enthüllet werden, ſo wird er ſolchemnach in Stand geſetzt, aus dieſen originellen Quellen einen großen Vorrath nützlicher Erfindungen zu ziehen, wodurch denn nothwendig dieſe Kunſt bereichert werden wird. So werden jetzt die ſpekulativen Wiſſenſchaften vermöge ihrer Ausbreitung auf praktiſche Ausübung, Gegenſtände von großen öffentlichen Vortheilen.

Die Kunſt Farben zu machen und zu färben war bereits in ſehr entfernten Zeitaltern zu einer Höhe von Vollkommenheit in den Ländern Phönizien, Aegypten, Paläſtina, Indien u. ſ. f. gelangt. Die Einwohner dieſer Länder waren auch in der Kunſt, Edelſteine nachzuahmen, und Glas und Email von verſchiedenen Farben zu tingiren, ſehr berühmt. Die Farben, deren man ſich in ſehr alten Gemälden bedient hat, waren ſo verſchieden als diejenigen, die man gegenwärtig anwendet, und übertrafen ſie bei weiten ſowohl an Schönheit als Dauerhaftigkeit. Die Farben, deren ſich Apelles bedienet, waren ſo helle, daß er genöthiget war, ſeine Gemälde mit einem dunkel gefärbten Firniß zu überziehen, damit das Auge von ihrer Helle keinen Schaden nähme; und ſelbſt dieſe waren noch weit unter denjenigen, deren ſich die alten Aegypter bedient haben. Indeſſen ohnerachtet dieſer Vollkommenheit im Färben und in Farben finden wir doch, daß die Griechen und Römer die nutzbaren Künſte jederzeit herabwürdigten. Sie können dies als einen der auffallendſten Karaktere bemerken, welche die Philoſophie der Alten von derjenigen der Neuern

auszeichnen. Da die Alten ſich vorzüglich in Spekulationen einließen, die ihnen Anſehen verſchaften und Beifall zuzogen, ſo achteten ſie die nutzbaren Künſte ihrer Aufmerkſamkeit nicht werth: dahingegen die Neuern die nutzbaren Künſte weiter verfolgt und in Aufnahme gebracht haben. So finden wir, daß die Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris, die Künſte wiſſenſchaftlich zu bearbeiten anfieng, eine Beſchreibung derſelben öffentlich bekannt und den Gedanken rege machte, daß der Fleiß einer Nation nicht ermangeln könne, vermöge einer freien Mittheilung aller der Prozeſſe, deren ſie ſich bedienet, aufgeklärt und vervollkommt zu werden; und daß das Opfer, welches ſie durch die öffentliche Bekanntmachung darbringe, durch die Vortheile wieder reichlich erſetzt werde, die ſie dagegen leiſten.

Die Veränderungen der Farbe in bleibend gefärbten Körpern, werden vermöge der nämlichen Geſetze erhalten, welche in durchſichtigen farbenloſen Subſtanzen Statt finden; ſo wie denn die Verſuche, wodurch ſie näher unterſucht werden können, in den verſchiedenen Verfahrungsarten beſtehen, die färbenden Partikelchen in größere Maſſen zu vereinigen, oder ſie in kleinere Maſſen zu vertheilen.

Newton machte ſeine Verſuche beſonders an durchſichtigen Subſtanzen; an den wenigen Stellen aber, wo er von andern handelt, bekennt er ſeine Unzulänglichkeit an Verſuchen. Er macht folgende Bemerkung über diejenigen Körper, welche die eine Art von Licht reflektiren, und eine andre durchgehen laſſen; nämlich wenn dieſe Gläſer oder Flüſſigkeiten ſo ſtark und maſſiv wären, daß kein Licht durch ſie gehen könne, ſo frage er, ob ſie nicht ſo wie andre undurchſichtige Körper von einer und der nämlichen Farbe unter allen Lagen des Auges erſcheinen würden, ob er dies ſchon nicht aus Erfahrung beſtimmen

könne. Dieſer große Phyſiker war der Meinung, daß alle gefärbte Materie die Lichtſtrahlen reflektire, und zwar einige häufig die mehr, andre die weniger refrangibeln Strahlen. Eben ſo glaubte er, daß undurchſichtige Körper das Licht von ihrer vordern Oberfläche vermöge irgend einer Kraft des Körpers reflektirten, die gleichmäßig über den Körper vertheilt ſey, und äußerlich an demſelben ſich befinde. In Rückſicht durchſichtiger gefärbter Flüſſigkeiten ſagt er, daß ein durchſichtiger Körper, welcher durch durchgelaſſenes Licht irgend eine Farbe hat, auch die nämliche Farbe durch reflektirtes Licht habe; indem das Licht dieſer Farbe durch die hintere Oberfläche dieſes Körpers, oder durch die Luft hinter derſelben reflektirt werde, ſo daß die reflektirte Farbe vermindert werde, und vielleicht gar aufhöre, wenn man den Körper ſehr ſtark macht, und an der hintern Seite verklebt, um die Reflexionen ſeiner hintern Fläche zu ſchwächen, ſo daß das von den tingirten Partikelchen reflektirte Licht das Uebergewichte erhalten könne. In dieſem Falle wird denn das reflektirte Licht im Stande ſeyn, von demjenigen abzuweichen, welches durchgelaſſen worden.

Um nun die Richtigkeit dieſer Meinungen zu prüfen, ſtellte Delaval eine Reihe von Verſuchen mit durchſichtigen gefärbten Flüſſigkeiten und Gläſern ſowohl, als an undurchſichtigen und halbdurchſichtigen Subſtanzen an. Vermittelſt derſelben fand er, daß in durchſichtigen gefärbten Subſtanzen die färbende Materie kein Licht reflektire; und daß, wenn durch Unterbrechung des Lichts, welches durchgelaſſen wurde, es gehindert wird, durch ſolche Subſtanzen zu gehen, ſie an ihrer vorigen Farbe keine Aenderung erleiden, und eine andre annehmen, ſondern ganz ſchwarz werden.

Da dieſes Unvermögen der färbenden Theilchen durchſichtiger Körper, das Licht zu reflektiren, aus ſehr zahl-

reichen Verſuchen hergeleitet wurde, ſo kann man es als ein allgemeines Geſetz anſehen, welches um ſo mehr der Fall ſeyn wird, wenn Sie bedenken, daß größtentheils die färbenden Partikelchen durchſichtiger Subſtanzen aus undurchſichtigen Körpern gezogen werden; daß die undurchſichtigen Körper ihre Farbe von dieſen Partikelchen haben, eben ſo wie die durchſichtigen; und daß durch den Verluſt derſelben ſie ihrer Farben beraubt werden.

Um ſeine Verſuche anzuſtellen, bediente ſich Herr Delaval kleiner Phiolen von Flintglas, dergleichen ich hier in der Hand habe; die Form derſelben iſt diejenige eines Parallelepipedum; die Höhe, der Hals ausgenommen, beträgt ohngefähr 2 Zoll, die Grundfläche gegen 1 Quadratzoll, und der Hals iſt 2 Zoll lang. Der Boden und drei Seiten jeder dieſer Phiolen wurden mit einem ſchwarzen Firniß bedeckt; der zilindriſche Hals und die vordere Seite, ausgenommen an den Rändern, wurde unbedeckt gelaſſen. Er trug alle Sorge, alle Riſſe in dem Firniſſe zu vermeiden, damit kein Licht Zugang habe, ausgenommen durch den Hals, und die vordern Seiten der Phiolen.

Die Phiolen müſſen vollkommen rein ſeyn, und ſolche Flüſſigkeiten, welche ein Sediment geben, dürfen nicht eher in die Phiolen gethan werden, als wenn eben die Verſuche angeſtellt werden. Die unbedeckte Seite der Phiolen muß nicht dem Fenſter gegenüber geſetzt werden, wo das Licht eindringt, weil in dieſer Lage das Licht von der entfernteſten Seite der Phiole reflektirt werden würde; weiche ſchwarze Subſtanzen, welche das Licht ſtark reflektiren, ſind am beſten gelegen, wenn die unbedeckte Seite einen rechten Winkel mit dem Fenſter macht.

Unter dieſer Vorſicht beobachtete er eine große Menge von Auflöſungen ſowohl von gefärbten metalliſchen

Salzen, als auch von der färbenden Materie der Vegetabilien, und bemerkte, daß die Farbe durch Reflexion ſchwarz war, wie ſie auch beſchaffen ſeyn mochte, wenn ſie durch durchgelaſſenes Licht angeſehen wurde. Wenn indeſſen dieſe Farben ſchwach auf einen weißen Grund ausgebreitet wurden, ſo erſchienen ſie von der nämlichen Farbe, als wenn ſie durch durchgelaſſenes Licht betrachtet wurden; allein auf einem ſchwarzen Grunde gaben ſie keine Farbe, wofern nicht der ſchwarze Körper polirt war, in welchem Falle die Reflexion des Lichts durch denſelben die nämliche Wirkung erzeugte, wie der Durchgang.

Die Verſuche, welche mit gefärbten Gläſern angeſtellt wurden, waren in vielerlei Rückſicht denjenigen mit durchſichtigen gefärbten Flüſſigkeiten analog. Für dieſe machte er verſchiedene Stücken von farbenloſem Glaſe, welches aus Borax-und weißem Sande beſtand. Das Glas wurde in Pulver verwandelt, und nachgehends mit den Ingredienzen zuſammen gerieben, wodurch ihm die Farbe mitgetheilt wurde; ein Verfahren, welches er gegen das gewöhnliche vorzüglicher fand, die Gläſer zu tingiren, indem ſie dem Glanze wahrer Edelſteine wenig nachgaben.

Das Reſultat aller ſeiner Verſuche war, daß wenn die Materie von einer ſolchen Schwäche iſt, und die Tingirung ſo verdünnt worden, daß das Licht dadurch durchgelaſſen werden kann, die Gläſer alsdann lebhaft gefärbt erſcheinen; allein wenn ſie in großen Maſſen ſind, und die tingirende Materie dichter durch ſie verbreitet iſt, ſo erſcheinen ſie ſchwarz, denn dieſe ſowohl als die durchſichtigen Flüſſigkeiten zeigen ihre Farbe blos vermittelſt des Durchgangs.

Nachdem er nun auf dieſe Art Stücken von ſolchem Glaſe, zwei Zoll dick gemacht hatte, ſo umgab er ſie auf allen Seiten mit ſchwarzem Tuche, ausgenommen ihre

vordern und hintern Oberflächen. In dieſer Lage zeigte jedes derſelben eine lebhafte Farbe, wenn Licht durch ſie durchgelaſſen wurde, allein wenn die hintere Oberfläche gleichfalls mit dem Tuche bedeckt wurde, um den Durchgang zu verhindern, ſo erhielt man keine andre Farbe als Schwarz.

Aus dieſen Erſcheinungen zog er folgende Schlüſſe.

1. Daß die färbenden Partikelchen kein Licht reflektiren.

2. Daß ein Medium, wie das von Sir J. Newton beſchriebene, ſowohl über die vordere als hintere Fläche der Platte verbreitet iſt, wodurch Gegenſtände gleichförmig und regelmäßig wie durch einen Spiegel reflektirt werden.

Unſer Verfaſſer betrachtet nunmehr zunächſt die Partikelchen ſelbſt, rein und ungemiſcht mit andern Medien. Um Maſſen zu erhalten, die aus ſolchen Partikelchen gemacht werden, wurden verſchiedene durchſichtige gefärbte Flüſſigkeiten zu einer flüſſigen Konſiſtenz durch Abdampfung gebracht; wenn man hiebei nur eine ſehr gelinde Wärme anwendet, ſo wird die färbende Materie keinen Schaden nehmen, und es laſſen ſich ihre Partikelchen wieder durch Waſſer oder andre Flüſſigkeiten trennen, und ſie wie vorher färben. Auch in dieſem Zuſtande reflektiren die färbenden Partikelchen kein Licht, ſondern die Erſcheinung iſt gleichförmig ſchwarz, was es auch für eine Subſtanz ſey, von der ſie ausgezogen worden ſind.

Er bemüht ſich nunmehr durch Verſuche an den färbenden Theilchen undurchſichtiger Körper zu beweiſen, daß dieſe Farben nach den bereits erwähnten Grundſätzen erzeugt werden; daß ſie ſchwarz erſcheinen, wenn ſie ſehr dichte ſind, hingegen aber von ihrer eigenen Tingirung

werden, ſobald ſie über einen weißen Grund verbreitet werden.

Nachdem er das Grün des Graſes und der Blätter von Pflanzen durch Digeriren in rektifizirtem Weingeiſte erhalten, und in eine der erwähnten Phiolen gethan, ſo ließ der Theil in dem Halſe das lebhafte Grün durch, allein der Theil nahe an der unbedeckten Seite der Phiole war ſchwarz.

Nachdem die Farbe gänzlich ausgezogen worden, blieben die Blätter dem Anſehen nach in Rückſicht der Figur oder Textur unverändert, waren aber ganz weiß, oder weiß mit braun tingirt; rothe, blaue und purpurfarbne Blumen wurden gleichfalls mit Weingeiſt ausgezogen, die alle dem Weingeiſte ihre färbende Materie mittheilten, und weiß wurden, nachdem ſie derſelbigen beraubt worden. Indeſſen von den meiſten dieſer Blumen erlangte der Spiritus gar keine Tingirung, oder doch nur eine ſehr ſchwache; allein ſo wie er geſäuert wurde, ward er roth, und durch Zuſetzung eines Alkali blau, purpur oder grün, je nach der Menge des Alkali und nach der Beſchaffenheit der Infuſion. In dieſem Zuſtande zeigten alle, wenn man ſie durch durchgelaſſenes Licht beſahe, oder auf weißes Papier goß, ihre Farben, allein allgemein erſchienen ſie durch Reflexion ſchwarz. Es wurden noch mit andern Blumen andre Verſuche angeſtellt, allein das Reſultat war immer das nämliche, d. i. keine Farbe durch Reflexion.

Weißes Papier, Leinwand u. ſ. f. kann mit allen dieſen Farben tingirt werden, wenn man ſie in dieſe Infuſionen taucht; und die Betrachtung der Art, nach welcher die Farben der Leinwand mitgetheilt werden, verſchafft viel Einſicht in die Art, nach welcher natürliche Farben erhalten werden. Es iſt bereits bemerkt worden, daß wenn die färbende Materie der Pflanzen aus ihnen gezo-

gen wird, die feſten fibröſen Theile, die ſolchergeſtalt ihrer Bedeckung beraubt werden, ihr natürliches Weiß erhalten. Weiße Leinwand, Papier u. ſ. f. beſtehen aus einer ſolchen fibröſen vegetabiliſchen Materie, welche gebleicht wird, indem die heterogenen färbenden Partikelchen aufgelöſt und frei gemacht werden: wenn nun dieſe mit vegetabiliſchen Farben gefärbt oder gemahlt werden, ſo iſt offenbar, daß ſie in ihrer Art auf die Lichtſtrahlen zu wirken, von natürlichen vegetabiliſchen Körpern nicht verſchieden ſind, indem beide ihre Farben machen, wenn das Licht, welches von dem weißen Grunde reflektirt wird, durch die durchſichtige gefärbte Materie durchgelaſſen wird.

Dieſe weiße Materie iſt immer ohne alle beträchtliche Miſchung in den Pflanzen gegenwärtig, während dem ſie in einem Zuſtande der Vegetation ſind, wie Baumwolle, weiße Blumen, das Mark, Wolle, Saamen, Wurzeln, und andre Theile verſchiedener Arten von Vegetabilien. Wenn abgefallene Blätter von Bäumen lange der Atmoſphäre ausgeſetzt geweſen, ſo werden ihre färbenden Säfte zuweilen ſo vollkommen ausgezogen, daß ihre Fibern weiß erſcheinen.

Herr Delaval hat Aſche vollkommen weiß gemacht, indem er ſie ſorgfältig kalzinirt, nachher mit einer geringen Menge Salpeter abgerieben, und ſie einem ſolchen Grade von Hitze unterworfen, daß der Salpeter mit dem noch übrigen Antheile von Phlogiſton verpufte. Endlich wurde die Aſche mit Seeſalzſäure digerirt, um die eiſenartige Materie, die darin noch vertheilt war, aufzulöſen, und der Ueberreſt zu wiederhohltenmalen in Waſſer gewaſchen.

Hieraus ſcheint zu folgen, daß die Erde, welche die Subſtanz der Pflanzen ausmacht, weiß, und von derjenigen Subſtanz, welche jeder ihre eigene Farbe mittheilt,

trennbar iſt; daß, wenn ſie rein und unvermiſcht, oder durch farbenloſe Media vertheilt wird, ſie ihre eigenthümliche Weiße zeigt, und die einzige vegetabiliſche Materie iſt, die eine urſprüngliche Weiße hat. Dieſe weiße Materie läßt ſich außer dem Verbrennen auch durch andre Mittel entdecken; ſo können Roſen weiß gemacht werden, wenn man ſie dem brennenden Schwefel ausſetzt, ſo wie die Farbe wieder erhalten werden kann, wenn man entweder eine mineraliſche oder vegetabiliſche Säure zuſetzt.

Auf dieſe Art ſieht man, daß die färbende Materie der Blumen nicht weggenommen wird, ſondern nur allein durchs Phlogiſton aufgelöſet, und hierdurch in zu kleine Partikelchen getheilt wird, um irgend eine Farbe zu geben. In dieſem Zuſtande nebſt dem vegetabiliſchen Safte, in welchen ſie vertheilt worden, bilden ſie eine farbenloſe durchſichtige Bedeckung, durch welche die weiße Materie der Blumen untingirt geſehen wird. Die färbende Materie der Pflanzen beſteht nach Herrn Delaval vornämlich aus brennbarer Materie, und ihre Auflösbarkeit in einer Vereinigung mit dem Phlogiſton.

Farbe wird durch die Sonnenſtrahlen zerſtört. So werden gefärbte ſeidne Zeuge und andre Subſtanzen dieſer Art, wenn ſie dem Sonnenlichte ausgeſetzt werden, ihrer Farbe in jedem Theile beraubt, worauf die Strahlen wirken können, indeß diejenigen ihre Farben behalten, die dem Lichte nicht ausgeſetzt werden. Die ſolchergeſtalt zerſtörten Farben können indeſſen wieder hergeſtellt werden, wenn man Säuren anwendet, während dem der Schade noch neu iſt.

Ueberhaupt zeigen alle Verſuche des Herrn Delaval, daß die färbende Materie der Pflanzen keine Farbe durch Reflexion, ſondern bloß durch Durchlaſſung gebe, daß ihre feſte erdige Subſtanz eine weiße Materie ſey, und daß

es dieſer Theil ſey, welcher die Eigenſchaft der Reflexion hat; daß ferner die Farben der Vegetabilien durch das reflektirte Licht von dieſem Weiß erzeugt werden, das von daher durch die färbende Decke durchgelaſſen wird, welche auf ihrer Oberfläche durch die färbenden Partikelchen gebildet worden; daß wenn irgend die färbende Materie entweder frei gemacht, oder durch Auflöſung in zu kleine Partikelchen getheilt wird, um eine Farbe zu geben, die feſte erdige Subſtanz geſehen wird, und diejenige Weiße ſich entwickelt, welche ihr unterſcheidender Karakter iſt.

Nachdem nun Herr Delaval dieſen Punkt berichtiget hatte, ſo fuhr er nunmehr fort, die färbenden Theilchen der animaliſchen Subſtanzen zu unterſuchen, wo er ſie in Rückſicht der Art genau ähnlich fand, nach welcher die Farbe erzeugt wird, wie bereits bei den vegetabiliſchen Subſtanzen iſt gezeigt worden. Die Tinkturen und Infuſionen von Kochenille und Kermes geben ihre Farben, wenn Licht durch ſie durchgelaſſen wird, zeigen aber keine durch Reflexion: bei verdünnter Ochſengalle mit Waſſer, und bei Unterſuchung derſelben in den bereits erwähnten Phiolen erſchien der durch durchgelaſſenes Licht geſehene Theil gelb; allein die vordere Oberfläche in dem untern Theile der Phiole war ſchwarz, und reflektirte keine Farbe. Fleiſch erhält ſeine Farbe ganz vom Blute, und wird es deſſen beraubt, ſo ſind die Fibern und Gefäße vollkommen weiß; eben ſo ſind auch die Membranen, Sehnen und Knochen weiß, wenn ſie von ihren wäßrigen und flüchtigen Theilen befreiet werden. Die blühende rothe Farbe des Fleiſches entſteht von dem Lichte, welches von der weißen fibröſen Subſtanz reflektirt, und zurück durch die rothe durchſichtige Decke gelaſſen wird, die von dem Blute in jedem Theile entſteht.

Auf gleiche Art iſt die rothe Farbe der Schalen der Krebſe nach dem Kochen nichts mehr als eine bloße ober-

flächliche Decke, die über die weiße kalkartige Erde geht, woraus die Schalen beſtehen, und kann von der Oberfläche durch Schaben oder Feilen weggenommen werden. Vor Anwendung der Wärme iſt dieſe oberflächliche Decke ungleich ſtärker, ſo daß ſie ſelbſt an einigen Stellen der Schale ganz ſchwarz erſcheint, wo ſie zu ſtark iſt, um den Durchgang des Lichts zu der Schale und wieder zurück zu geſtatten; allein wo dieſe durchſichtige blaue Farbe des ungeſottenen Krebſes ſchwächer iſt, erſcheint ſie jederzeit als ein blaues Häutchen. Auf gleiche Art ſind die Farben der Eier von gewiſſen Vögeln gänzlich oberflächlich, und können abgeſchabt werden, wo man denn blos eine weiße kalkartige Erde ſieht.

Der Fall iſt der nämliche mit den Federn, welche ihre Farben ganz einem ſehr ſchwachen Lager von einer durchſichtigen Materie auf einem weißen Grunde zu verdanken haben; dieſes wurde dadurch bewieſen, als man die oberflächlichen Farben von gewiſſen Federn abſchabte, die ſtark genug waren, um dieſe Behandlung auszuhalten, und welche die färbenden Lagen von dem weißen Grunde trennte, über welchen ſie von Natur verbreitet worden ſind. Die Seitenfibern können ihre Farben auf dieſe Art nicht getrennt haben; allein ihre Textur, wenn ſie durch ein Mikroſkop betrachtet wird, ſcheint anzuzeigen, daß die Farben auf ihnen auf keine andre Art erzeugt werden, als wie bereits iſt erwähnet worden. Ueberhaupt fand er, daß bei allen animaliſchen Gegenſtänden, die er unterſuchte, die Farben durch Durchlaſſung des Lichts von einem weißen Grunde durch ein durchſichtiges gefärbtes Medium hervorgebracht wurden.

Die färbenden Subſtanzen des Mineralreichs ſind ſehr zahlreich, und gehören vornämlich zu zwei Klaſſen, Erden und Metallen; die erſtern, wenn ſie rein ſind, ſind alle weiß, und ihre Farbe entſteht von dem Phlogiſton

oder den metalliſchen Miſchungen. Kalkerden, wenn ſie verhärtet ſind, machen den Marmor, und können mit verſchiedenen Farben vermittelſt metalliſcher Auflöſungen tingirt werden, welche alle ihrer Natur nach den Farben ähnlich ſind, die auf Seide, Baumwolle oder Leinen geſetzt werden, und entſtehen unveränderlich von einerlei Urſache, der Durchlaſſung des Lichts durch ein ſehr dünnes und durchſichtiges Medium. Kieſel entſtehen aus Kieſelerden, und haben ihre Farben von der Beſchaffenheit des Feuers innerhalb derſelben; wenn ſie hinreichend erhitzt werden, ſo werden ſie durch den Verluſt der brennbaren Materie weiß, welche ihre Farbe erzeugte; wenn ſie mit Metallen geſchwängert werden, ſo bilden ſie Agathe, Carniole, Jaſpis und gefärbte Kriſtalle. Die gefärbten Edelſteine erhalten gleichfalls ihre verſchiedenen Farben von Metallen, und können durch Gläſer nachgeahmt werden, welche mit einer ſolchen brennbaren oder metalliſchen Materie tingirt werden, als ſich in den urſprünglichen Subſtanzen befindet, die alle ihre verſchiedenen Farben auf gleiche Art durch Durchlaſſung des Lichts von einem reflektirten weißen Grunde erhalten.

Selbſt die Farben der Metalle werden nach Herrn Delaval auf gleiche Art erzeugt. Gold giebt ein weißes Licht, welches mit Gelb tingirt iſt; dies gründet ſich auf einen Verſuch des Sir J. Newton, welcher erwähnet, daß Gold in einem weißen Lichte von der nämlichen Farbe erſcheint, wie am Tagelichte, allein daß bei Unterbrechung einer gehörigen Menge von gelbmachenden Strahlen, es weiß wie Silber erſcheinen werde, welches zeigt, daß ſein Gelb von einem Ueberſchuſſe der unterbrochenen Strahlen entſpringt, die dieſes Weiß mit ihrer Farbe tingiren, wenn ſie durchgelaſſen werden.

Eine Auflöſung von Silber iſt durchſichtig und farbenlos; eine Auflöſung von Gold ſchimmert gelb durch.

reflektirt aber keine Farbe. Dieſes Metall, wenn es mit Glas vereiniget wird, giebt keine Farbe durch Reflexion, ſondern blos durch Durchlaſſung. Alle dieſe Umſtände ſcheinen anzuzeigen, daß die gelbe Farbe des Goldes von einer gelben durchſichtigen Materie entſtehe, welche ein Beſtandtheil dieſes Metalls, und gleichmäßig mit den weißen Partikelchen des Goldes gemiſcht wird, und das Licht durchgehen läßt, welches von ihnen reflektirt wird; auf gleiche Art als wenn z. B. Silber vergoldet wird, oder Folien durch Bedeckung der weißen Metalle mit durchſichtigen Farben gemacht werden. Allein dieſe künſtlichen Deckungen ſind blos oberflächlich, dahingegen die gelbe Materie des Goldes durch die ganze Subſtanz des Metalls verbreitet iſt, und ſcheint ſolchemnach jedes der weißen Partikelchen einzuhüllen und zu bedecken: die gelbe Materie hat zu der weißen ohngefähr das nämliche Verhältniß, wie die gelbmachenden Strahlen, welche unterbrochen wurden, zu allen übrigen Strahlen haben, die in dem weißen Sonnenlichte enthalten ſind.

Sir Iſaac Newton hat gezeigt, daß wenn die Räume oder Zwiſchenräume der Körper mit Medien von verſchiedenen Dichtigkeiten angefüllt werden, die Körper undurchſichtig ſind; daß ſolche Oberflächen durchſichtiger Körper die größte Menge Licht reflektiren, welches durch die Media geht, die am meiſten in ihren refraktirenden Dichtigkeiten verſchieden ſind; und daß die Reflexion ſchwacher durchſichtiger Subſtanzen beträchtlich ſtärker iſt als ſolche, die durch die nämlichen Subſtanzen von einer größern Stärke entſtehet. Daher iſt der geringe Antheil an Luft, oder das dünnere Medium, welches die Poren oder Zwiſchenräume dichter Körper einnimmt, eine geringe weiße Subſtanz. Dies ſieht man an der Weiße des Schaums, und aller durchſichtigen farbenloſen Subſtanzen, als Glas, Kriſtall oder Salze, wenn

ſie zu Pulver gebracht, oder auf irgend eine andre Art zerbrochen werden; denn in allen dieſen Beiſpielen wird ein weißes Licht von der Luft oder dem dünnern Medium reflektirt, welches zwiſchen den Partikelchen der dichtern Subſtanz eindringt, deren Zwiſchenräume es einnimmt.

Hieraus ſehen wir auch, warum weiße undurchſichtige Subſtanzen durchſichtig gemacht werden, wenn ſie in gleichförmige Maſſen gebracht werden, deren Beſtandtheile beinahe durchaus von einerlei Dichtigkeit ſind; denn da alle durchſichtige Subſtanzen undurchſichtig und weiß durch die Beimiſchung durchſichtiger farbenloſer Media von beträchtlich verſchiedenen Dichtigkeiten gemacht werden, ſo werden ſie ſodann wieder ihrer Undurchſichtigkeit beraubt, wenn man dieſe Media wegnimmt, welche ihre Partikelchen unter einer Entfernung von einander halten; ſo verlieren Schaum oder Schnee, wenn ſie in Waſſer aufgelöſet werden, ihre Weiße, und nehmen ihr voriges durchſichtiges Anſehen wieder an. Auf gleiche Art werden die undurchſichtigen weißen Erden durch gehörige Flüſſe in durchſichtiges farbenloſes Glas verwandelt, weil alle Reflexionen an den Oberflächen der Körper geſchehen, die an Dichtigkeit von dem umgebenden Medium verſchieden ſind, und in den Gränzen von gleichförmig dichten Medien keine Reflexion Statt findet.

So wie die Metallkalke vermögend ſind, ihre Farben durch die Zwiſchenkunft der Luft zu reflektiren, ſo nehmen ſie, wenn ſie mit Oel bei Verfertigung der Farben gemiſcht werden, jederzeit eine dunklere Farbe an, weil der Ueberſchuß der Dichtigkeit des Oels über Luft einen merklichen Unterſchied macht, wenn man mit Rückſicht auf die ſpezifiſche Schwere der loſern Metalle eine Vergleichung anſtellt. Aus dieſer Urſache wird merklich weniger Licht von den Theilchen des Oels als von den

jenigen der Luft reflektirt, und es erſcheint folglich die Maſſe dunkler. Der Fall iſt indeſſen mit ſolchen Farben ganz verſchieden, die von dichtern Metallen gemacht werden z. B. Zinnober, Mennige u. ſ. f. denn obſchon Oel ſehr beträchtlich von Luft in ſeiner ſpezifiſchen Dichtigkeit abweicht, ſo iſt es jedoch auch ſehr in dieſer Rückſicht von den dichtern metalliſchen Pulvern verſchieden: und die Theilchen des Oels, welche ihre Partikelchen trennen, wirken auf das Licht ſo ſtark, daß die Reflexionen des Lichts, welche von ihnen verurſacht werden, von denjenigen nicht unterſchieden werden können, welche durch dünnere Media erfolgen. Wenn wir daher Zinnober oder Mennige mit Oel vermiſchen, ſo wird die Farbe nicht merklich verändert.

Alle Erden, welche in ihrem natürlichen Zuſtande von einem reinen Weiß ſind, machen durchſichtige, farbenloſe Media, wenn ſie mit den gehörigen Flüſſen verglaſet, oder in farbenloſen Auflöſungsmitteln aufgelöſet werden. So werden auch die ſaliniſchen Maſſen, die von ihren Solutionen erhalten werden, durchſichtig und farbenlos, ſo lange ſie das Waſſer behalten, welches zu ihrer Kriſtalliſation erforderlich iſt, und nicht zerbrochen, oder in Pulver verwandelt werden: allein nachdem ihre Poren und Zwiſchenräume auf ſolche Art geöfnet worden, daß ſie die Luft zulaſſen, ſo werden ſie durch den Zutritt dieſes lockern Medium weiß und undurchſichtig. Die erdigten Partikelchen, welche die feſten Theile der Körper bilden, übertreffen insgemein einander an Dichtigkeit; es müſſen folglich dieſe Partikelchen, wenn ſie an lockern Medien liegen, wie ich eben erwähnet habe, die Lichtſtahlen mit einer nach ihrer Dichtigkeit verhältnißmäßigen Kraft reflektiren. Die reflektirende Kraft der Körper hängt nicht blos von ihrem Ueberſchuſſe an Dichtigkeit ab, ſondern von ihrem Unterſchiede der Dichtigkeit in

Rückſicht der umgebenden Medien. Durchſichtige farbenloſe Partikelchen, deren Dichtigkeit weit unter derjenigen dee Medien iſt, die dazwiſchen kommen, reflektiren auch ſehr ſtark alle Arten von Strahlen, und werden hierdurch weiß; von dieſer Art iſt die Luft und andre dünne Flüſſigkeiten, welche die Zwiſchenräume der Flüſſigkeiten einnehmen, und überhaupt aller dichten Medien, wo ſolche lockere Partikelchen Statt finden.

Wir können hieraus ſchließen, daß weiße undurchſichtige Körper durch die Vereinigung oder Kontiguität zweier oder mehrerer durchſichtiger, farbenloſer Media, die in ihren refraktirenden Kräften beträchtlich von einander verſchieden ſind, entſtehen. Von dieſen Subſtanzen haben wir Beiſpiele in ſchäumigen Emulſionen, oder andern unvollkommnen Verbindungen durchſichtiger Flüſſigkeiten, als Milch, Schnee, kalzinirte oder pulveriſirte Salze, Glas oder Kriſtal, welche in Pulver verwandelt worden, weiße Erden, Papier, Leinwand, und ſelbſt diejenigen Metalle welche von den Mineralogiſten weiße genannt werden; denn dieſe Metalle erſcheinen nicht weiß, wofern ihre Oberflächen nicht rauh ſind, da in dieſem Falle es blos Zwiſchenräume auf ihrer Oberfläche giebt, die hinreichend ſind, die Luft zuzulaſſen, und ſolchergeſtalt eine Reflexion von weißem und lebhaftem Lichte verurſachen.

Die polirten Oberflächen metalliſcher Spiegel reflektiren die einfallenden Strahlen gleichmäßig und regelmäßig zufolge ihrer verſchiedenen Einfallswinkel, ſo daß die reflektirten Strahlen mit einander nicht zuſammentreffen, ſondern getrennt und ungemiſcht bleiben, mithin daher genau ihre verſchiedenen Farben machen. Man ſieht hieraus, daß weiße Oberflächen nicht auf das Licht wie Spiegel wirken können, weil alle Strahlen, welche von ihnen reflektirt werden, auf eine unordentliche und verſchiedene Art vermiſcht werden.

Die vorhergehenden Erſcheinungen geben uns daher Auskunft in Rückſicht der Natur und der Urſache der Undurchſichtigkeit, da ſie deutlich zeigen, daß ſelbſt die lockerſten durchſichtigen farbenloſen Subſtanzen, wenn ihre Oberflächen an Medien liegen, welche von ihnen in Anſehung der refraktirenden Kraft ſehr verſchieden ſind, hierdurch eine vollkommne Undurchſichtigkeit erlangen, und eine Farbe und Zurückſtrahlung annehmen, die derjenigen weißer Metalle ähnlich iſt; daß die lockern durchſichtigen Subſtanzen durch das Geſicht von den dichtern undurchſichtigen Metallen nicht unterſchieden werden können; welche Aehnlichkeit mit der Oberfläche der Metalle nicht nur Statt findet, wenn ſie wegen der Rauhigkeit ihrer Oberflächen polirten Metallen an Weiße ähnlich ſind, ſondern auch, wenn vermöge ihrer Glätte ſie der polirten Oberfläche der Metalle ähnlich werden.

Metalle ſcheinen ganz aus einer durchſichtigen Materie zu beſtehen, und ihre ſcheinbare Undurchſichtigkeit und ihren Glanz allein von der häufigen Reflexion des Lichts von ihren Oberflächen herzuleiten. Die Analogie zwiſchen Metallen und durchſichtigen Medien, ſo weit als es ihre optiſchen Eigenſchaften betrift, werden Ihnen aus folgenden Bemerkungen einleuchtend werden. 1) Alle in ihren gehörigen Menſtruen aufgelöſete Metalle ſind durchſichtig. 2) Vermöge der Vereinigung zweier oder mehrerer durchſichtigen Media entſtehen Subſtanzen, welche den Metallen in ihrer Undurchſichtigkeit und in ihrem Glanze ähnlich ſind z. B. das Waſſerblei und die Markaſiten. 3) Die durchſichtigen Subſtanzen der Metalle ſowohl, als diejenigen der Mineralien erlangen vermöge ihrer Vereinigung mit brennbarer Materie die ſtarken reflektirenden Kräfte, von welchen ihr Glanz und Undurchſichtigkeit entſteht. 4) Die Oberflächen durchſichtiger Media, z. B. Glas oder Waſſer, nehmen ein metalliſches Anſehen an,

wenn vermöge ihrer Glätte, ihrem Unterſchiede an Dichtigkeit in Rückſicht der damit verbundenen Media, oder irgend andrer ſie vermögend werden, das Licht häufig zu reflektiren *).

Aus dieſen Bemerkungen erſieht man denn, daß undurchſichtige Subſtanzen vermöge der Vereinigung oder Kontiguität durchſichtiger farbenloſer Medien entſtehen, welche von einander in ihren reſpektiven Kräften verſchieden ſind; und daß wenn die gemeinſchaftliche Oberfläche, die zwiſchen ſolche Media zu liegen kommt, eben, gleich und glatt iſt, ſie die einfallenden Strahlen gleich und regelmäßig wie ein Spiegel reflektirt; allein iſt ihre Oberfläche rauh und ungleich, oder in kleine Partikelchen getrennt, ſo reflektirt ſie die einfallenden Strahlen unregelmäßig und verſchiedentlich nach verſchiedenen Richtungen, und erſcheint folglich weiß.

Wenn die zwiſchenliegenden leeren Räume der Körper ſo geordnet ſind, daß das Licht ſeinen geradlinichten Weg durch ſie beibehalten kann, ſo erſcheinen ſolche Körper durchaus hell, und werden in ihrer innern Subſtanz ſichtbar; allein wenn ihre Beſchaffenheit ſo iſt, daß kein freier Durchgang des Lichts Statt findet, ſo werden ſie alsdann blos vermöge derjenigen Strahlen ſichtbar, welche von ihrer Oberfläche reflektirt werden, und ihre innere Oberfläche iſt kalt und finſter.

Zufolge verſchiedener Bemerkungen ſieht man denn, daß die chemiſchen Eigenſchaften der Körper einen beträchtlichen Einfluß auf ihre Farbe haben; denn ohnſtreitig muß

---

*) In Rückſicht mehrerer einzeler Umſtände u. ſ. f. ſehe man des Herrn Delavals Abhandlung in den Memoiren der Societät zu Mancheſter Vol. 2.

eine Kraft, welche ſtark auf Refraktion der Strahlen wirkt, gleichfalls Einfluß auf ihre Reflexion haben, ſo wie denn nicht zu zweifeln iſt, daß die Wirkung des Feuers einen beträchtlichen Antheil an Hervorbringung der Farben hat; und in der That iſt auch ſein Antheil an den Wirkungen der Natur ſo beträchtlich, daß er von dieſem ſonderbaren Theile nicht ausgeſchloſſen werden kann.

Vermöge Vergleichung der refraktirenden Kraft verſchiedener Körper, fand Newton, daß brennbare Subſtanzen ſie in einem ungleich größern Grade beſitzen, als ſolche, welche nicht brennbar ſind. Aus ſolchen Bemerkungen über dieſen Gegenſtand, zog er die ſonderbare Folgerung, daß der Diamant eine große Menge brennbarer Materie enthalte; daß das Waſſer eine Zwiſchenſubſtanz zwiſchen brennbaren und unbrennbaren Körpern ſey, und daß es die Vegetabilien mit dem brennbaren Grundſtoffe verſehe; dieſes iſt gegenwärtig vollſtändig gezeigt und bewieſen worden.

Körper, die in ihrem gewöhnlichen Zuſtande nicht durchſichtig ſind, können dazu gebracht werden, wenn man ihre Theile durch Wärme ausdehnt, ſo daß das Licht leichter durch ſie gehen kann, oder indem man ihm irgend eine neue Richtung nebſt einer beigängigen Stärke der Lichtmaterie verſchaft. Herr Hawksbee war ſehr erſtaunt zu finden, daß das Siegellak und Pech auf der einen Seite einer gläſernen Kugel ſo durchſichtig ward, wenn das Glas herum gedreht und mit der Hand gerieben wurde, daß die Finger auf der andern Seite durch die Bedeckung deutlich geſehen werden konnten. Oel wird, wenn es kalt iſt, in eine Art von Kügelchen verdichtet, durch welche kein Licht dringen kann; allein wenn ſich dieſe Kügelchen auflöſen und durch die Wirkung des Feuers öfnen, ſo wird das Oel nicht allein durchſichtig, ſondern es erſcheint auch helle und glänzend, als ob das Licht ein natürlicher Antheil ſeiner Subſtanz wäre.

Verſchiedene heterogene Flüſſigkeiten werden in der Kälte undurchſichtig und trübe, allein ſie werden ſogleich wieder helle, wenn man ſie einem mäßigen Grade von Wärme ausſetzt: rother Portwein wird zuweilen ſo trübe gefunden, als ob Ziegelmehl damit vermiſcht worden, allein er wird ſogleich rein und hell vor einem Feuer.

Durch eine weiſe Anordnung der Vorſicht iſt die Eigenſchaft der Durchſichtigkeit dem Waſſer gegeben worden, das für das Leben aller Thiere ſo nothwendig iſt. Durchſichtigkeit giebt dem Glaſe den meiſten Werth: der Werth des Goldes iſt willkührlich, da hingegen der Werth des Glaſes in ihm ſelbſt liegt; ſeine Reinigkeit und Durchſichtigkeit empfehlen es zu unſerm Gebrauche in den gewöhnlichſten Vorfällen des Lebens, und machen die ſonderbarſten und feinſten Prozeſſe der Chemie und Phyſik ſichtbar: in der Optik ſteht es dem bejahrten Manne bei, und verſchaft uns den Anblick der Wunder der Schöpfung.

Ein und zwanzigſte Vorleſung.

Von den phosphoriſchen Körpern.

Je mehr wir in die Natur des Lichts einzudringen ſuchen, je deutlicher offenbart ſich ſein Verhältniß zum Feuer; verſchiedene Beweiſe davon haben Sie bereits geſehen, noch mehrere aber werden Sie jetzt erhalten, wo ich von den phosphoriſchen Körpern Ihnen eine nähere Erklärung zu geben Willens bin. Ich habe Ihnen bereits gezeigt, daß Feuer unter der Form von Wärme in Körpern aufgenommen und unterhalten wird; jetzt will ich Ihnen nun noch zeigen, daß es auch in den meiſten Subſtanzen unter der Form von Licht befindlich iſt.

Unter Phoſphoren verſtehen wir allgemein diejenigen Subſtanzen, welche im Finſtern leuchten, ohne jedoch Wärme zu verurſachen. Man theilt die Phoſphoren in verſchiedene Arten, die unter den Namen des Bologneſiſchen, Herrn Cantons, Balduiniſchen, Urinphoſphorus u. ſ. f. bekannt ſind. Außer dieſen hat man gefunden, daß der ungleich großere Theil von Körpern auf der Erde, nachdem ſie dem Lichte ausgeſetzt worden, im Finſtern leuchtend wird. Dieſer Umſtand hat einigen Schriftſtellern Veranlaſſung gegeben, die Phosphoren in zwei Klaſſen zu theilen, nämlich ſolche, welche nöthig haben, dem Licht der Sonne oder irgend einem künſtlichen Feuer ausgeſetzt zu werden, ehe ſie leuchtend wer-

den, und ſolche, wo dies der Fall nicht iſt. Von der erſten Art ſind der Bologneſiſche Phoſphorus, der Phosphorus des Herrn Canton, die Phoſphoren von Erden u. ſ. f. von der letztern Art ſind faules Holz, die Häute der Fiſche, und der Harnphoſphorus. Noch giebt es eine Klaſſe, welche durch Friktion oder Vibration leuchtend wird, als der Zucker, und die Auflöſung des Phoſphorus in Weingeiſt.

Der Bononiſche Stein ward um das Jahr 1630 von Vincenzo Caſcariolo, einem Schuhmacher von Bologna, entdeckt, welcher, als er einem chemiſchen Geheimniſſe nachforſchte, unter andern eine Kalcination gewiſſer Steine verſuchte, die ſich in der Nähe dieſer Stadt befanden. Hier bemerkte er, daß dieſer Stein, wenn er ins Finſtre gebracht wurde, nachdem er vorher dem Lichte ausgeſetzt geweſen, vermittelſt eines Lichts ſichtbar ward, das aus ihm ſelbſt hervorſtrahlte, und eine gewiſſe Zeit fortfuhr, worauf es wieder verſchwand; brachte man ihn aber wieder ans Licht, und darauf von neuem in ſeine erſte Lage, ſo erfolgte die nämliche Erſcheinung wie vorher.

Der Körper, welche im Finſtern leuchten, giebt es verſchiedene Arten. Einige Körper ſtrahlen das Licht freiwillig aus, in andern hingegen muß es erſt erweckt werden. Von der erſtern Art leuchten einige mit einem natürlichen Lichte als die Johanniswürmer u. ſ. f. andre beſitzen ein beigängiges Licht als verfaultes Holz, und das Fleiſch einiger vierfüſſigen Thiere und Vögel. Dieſe letztern ſind nicht natürliche Phosphoren, ſondern beſitzen dieſe Eigenſchaft von einer beſondern Urſache, die insgemein Fäulung iſt, zuweilen auch eine unmerkliche Veränderung in der natürlichen Beſchaffenheit der Theile.

Diejenigen Körper, welche Phoſphoren werden, wenn ſie gereizt werden, oder deren phoſphoriſche Eigenſchaft wenigſtens durch Erweckung beigeholfen wird, können in verſchiedene Arten zufolge der Art eingetheilt werden, als dieſe Eigenſchaft in Thätigkeit geſetzt wird. Dergleichen Verfahrungsarten ſind Reibung, Bewegung, Wärme, freie Zulaſſung der Luft, und wenn man ſie dem äußern Lichte ausſetzt.

Körper jeder Art werden durch Reibung Phosphoren, vorausgeſetzt daß ſie diejenige Stärke der Reibung ertragen können, als hinreichend iſt, das verborgene Licht zu geben, welches in ihren Subſtanzen vorhanden iſt; Bewegung gehört beſonders für flüſſige Subſtanzen, als Seewaſſer.

Der Schmaragdphoſphor, und verſchiedene Edelſteine, unter dieſen ſehr viele Diamanten, der Laſurſtein, und eine große Menge von Bergkriſtallen, werden phoſphoriſch, wenn man ſie der Wärme ausſetzt.

Die freie Zulaſſung der Luft giebt nicht nur Licht, wenn man ſich des Kunkelſchen Phoſphors bedient, ſondern ſelbſt eine Feuerflamme, wenn man Reibung anwendet. Der Phoſphor des Homberg brennt bei der Näherung der Luft ſehr ſtark.

Die letzte Klaſſe, oder diejenigen, welche wirkſam werden, nachdem man ſie dem äußern Lichte ausgeſetzt hat, iſt außerordentlich zahlreich; hier giebt es blos zwei Subſtanzen, welche kein Licht geben, wenn man ſie auf dieſem Wege unterſucht, nämlich Waſſer in ſeinem flüſſigen Zuſtande, und Metalle. Alle Körper alſo, außer Waſſer und Metalle, beſitzen ein Vermögen, das Licht einzuſaugen, und wenn ſie den erforderlichen Umſtänden ausgeſetzt werden, es wieder zu geben.

Dies iſt durch die Verſuche des Herrn Beccaria (nicht des Elektrikers) von Bologna, und Herrn Wilſon vollkommen bewieſen worden, welche mit völliger Entſcheidung der Sache unternommen worden ſind; ihr Fleiß iſt in dieſer Rückſicht ſo groß geweſen, daß vielleicht wenig Hofnung mehr übrig ſeyn dürfte, einen beträchtlichen Beitrag noch ferner zu liefern.

Ein ſehr ſchwaches Licht wird nur bei großer Finſterniß ſichtbar. Wenn die Sonne in ihrem mittägigen Glanze iſt, ſo werden Mond und Sterne gänzlich verfinſtert, wird hingegen dieſes größere Licht entzogen, ſo erſcheinen alsdann deutlich der Mond und die Sterne. Kunſt erzeugt einen Grad von Finſterniß, der denjenigen der Nacht weit übertrift, in welcher Finſterniß ſodann ſelbſt das ſchwächſte Licht ſichtbar wird. Herr Wilſon unternahm daher, um von dem Leuchten der Körper zu urtheilen, ſo wie ſie aus dem Lichte genommen werden, ſeine Verſuche in einem verſchloſſenen Zimmer von 6 Fuß lang, $5\frac{1}{2}$ Fuß beeit und 9 Fuß hoch. Es war ſchwarz ausgemahlt, oder mit ſchwarzem Zeuge überall bedeckt, und hatte zwei Thüren, welche 5 oder 6 Zoll breiter und länger waren, als wo man hineinging. Es waren zwei Vorhänge von ſchwarzem Tuche über der Oefnung, wo die Hand gelegentlich herausgeſtreckt wurde, um Körper dem Lichte auszuſetzen; die äußere und innere beſtanden jede aus drei Verdopplungen, welche alle beträchtlich breiter waren als die Oefnung, welche ohngefähr 15 Zoll im Durchmeſſer hielt, und gegen Süd gelegen war. Am Ende eines jeden Vorhangs waren kleine bleierne Gewichte befeſtiget, um ſie an dem Ort zu erhalten, wenn die Hand zurück in das Zimmer gezogen wurde; zwei gebogene Röhren waren an das Zimmer angebracht, deren eine mit der äußern Luft von der Höhe des Zimmers, die andre mit dem Boden in Gemeinſchaft ſtand, um frei ath-

men zu können; vermittelſt dieſes Verſchlags konnten ſolchergeſtalt jede Subſtanzen leicht dem Lichte ausgeſetzt und ihm entzogen werden.

Zahlreich und Ihrer Aufmerkſamkeit beſonders werth ſind die Verſuche, welche von Herrn Wilſon in dieſem Verſchlage ſind gemacht worden; hier fand man, daß beinahe jede Subſtanz phoſphoriſch ſey, beſonders aber beſaßen dieſe Kraft kalzinirte Auſterſchalen und weißes Papier in einem vorzüglich hohen Grade. Ein Stück Papier mit einem Schlüſſel wurde dem Lichte ausgeſetzt, und ſodann in das Zimmer zurückgezogen: man nahm ſodann den Schlüſſel weg, wo denn ſoviel von dem Papiere ſchwarz blieb, als von dem Schlüſſel bedeckt worden, und einen ſo großen ſchwarzen Raum zurückließ, der die nämliche Figur wie der Schlüſſel hatte. Man ließ die Hand eines Mannes mit einem Theile der Manſchette beſcheinen, und ſodann wegziehen, wo ſie leuchtend erſchien, und da jeder Theil des Körpers finſter war, ſo ſahe ſie einer Hand mit einem Stück Manſchette in der Luft ſchwebend ähnlich, mithin wurde der menſchliche Körper eben ſo phoſphoriſch gefunden, wie alle übrigen Körper.

Obſchon flüſſiges Waſſer nicht vermögend iſt, Licht zu geben, ſo nimmt es jedoch, wenn es in Geſtalt des Eiſes oder Schnees verdichtet worden, ſolches wie jede andre Art von Materie an. Dieſes erklärt das Licht, welches der Schnee giebt, wenn er auf der Erde liegt, ſelbſt wenn der Himmel ganz verfinſtert iſt; wenn er ſolchergeſtalt den Tag über dem Lichte ausgeſetzt iſt, ſo ſaugt er einen großen Theil Licht ein, und wird hierdurch in Stand geſetzt, eine beträchtliche Menge Licht zur Nachtzeit zu geben.

Es iſt wahrſcheinlich, daß alle Körper, womit wir umgeben ſind, hinreichend mit dieſer phoſphoriſchen Eigen-

ſchaft verſehen ſind, um Thiere in Stand zu ſetzen, ihre Nahrung zur Nachtzeit aufzuſuchen. Dieſem können wir noch beifügen, daß die Augen der Thiere beſſer eingerichtet ſind, das Licht zu ſammeln, als es das menſchliche Auge iſt: ſo iſt die Subſtanz, welche hinter der Netzhaut der Katzen, Eulen u. ſ. f. ausgebreitet iſt, weiß, welche denn das meiſte Licht reflektirt; diejenige hinter der Netzhaut der grasfreſſenden Thiere iſt grün; hingegen aber in dem menſchlichen Auge ſchwarz, ſo daß wir daher mehr Licht als die Thiere nöthig haben um Gegenſtände zu entdekken, dagegen aber iſt auch unſer Sehen ungleich vollkommner.

Aus den vorhergehenden Verſuchen ſieht man, daß die Welt mit einer Menge gelegentlicher Phoſphoren verſehen iſt, von denen das Licht unmerklich ausſtrömt, wo wir es vielleicht nie würden erwartet haben, noch wo wir es wahrſcheinlicherweiſe geſucht hätten, wenn es nicht durch das höchſt feine Verfahren der Unterſuchung geſchehen wäre, als durch Herrn Beccaria und Wilſon unternommen worden iſt.

Von dem Phoſphor des Canton.

Um dieſen zu erhalten, nehme man Auſterſchalen und kalzinire ſie, zu welcher Abſicht man ſie in einem guten Kohlfeuer gegen eine halbe Stunde lang erhalte; den reinſten Theil des Kalks pulveriſire und ſiebe man, wo man denn zu drei Theilen dieſes Pulvers einen Theil Schwefelblumen nimmt, und ſo alles gut unter einander miſcht, dieſe Miſchung thut man ſodann in einen Schmelztiegel, und drückt ſie feſte ein, und ſetzt ſo alles in die Mitte eines Feuers, wo es wenigſtens eine Stunde lang rothglühend erhalten, und ſodann zum Abkühlen hingeſetzt wird. Wenn es kalt geworden iſt, ſo nehme man es aus

dem Tiegel, und ſchneide oder breche es in Stücke, ſchabe zum Verſuche die helleſten Theile ab, welche, wenn ſie gut ſind, ein weißes Pulver geben werden, das man dadurch gehörig aufbewahrt, daß man es in eine trockne Flaſche mit einem eingeriebenen Stöpſel thut.

Bei der Menge des Lichts, welche ein geringer Theil dieſes Phoſphors giebt, nachdem er in ein finſtres Zimmer gebracht, und vorher einige Sekunden lang dem Tagelichte ausgeſetzt worden, iſt man im Stande, die Stunden einer Taſchenuhr zu erkennen, nachdem man vorher eine oder zwei Minuten lang die Augen geſchloſſen hat.

Vermittelſt dieſes Phoſphorus können Sie Gegenſtände am Himmel, als den Saturn und ſeinen Ring, die Phaſen des Mondes u. ſ. f. vorſtellen. Wenn ſie von Holz nachgebildet und mit Eiweiß angefeuchtet, und ſodann mit Phoſphor bedeckt werden, ſo wird der Funke von einer Entladung einer elektriſchen Flaſche den Phoſphor ſo gut erleuchten als das Tagelicht.

Vermöge einer Menge von Verſuchen, welche mit dieſem Phoſphor angeſtellt worden ſind, ſieht man, daß, nachdem er alles Licht gegeben, was er in dem gewöhnlichen Zuſtande der Atmoſphäre konnte, er bei Anwendung der Wärme noch mehr gab, daß aber einerlei Grad von Wärme ihn nur auf eine gewiſſe Zeit leuchtend machte.

Man mache das eine Ende einer eiſernen Stange von ohngefähr einem Zoll ins Gevierte, oder eine Eiſengabel rothglühend, und trage es horizontal in ein verfinſtertes Zimmer, bis es, ſo wie es abkühlt, zu leuchten aufhört, oder doch nur ſchwach ſichtbar iſt; ſodann bringe man etwas trocknen Phoſphor, welcher dem Lichte ausgeſetzt geweſen, in einer hermetiſch verſiegelten gläſernen Flaſche dem heißen Eiſen ſo nahe als möglich, wo der Phoſphor, ob er ſchon

vorher unſichtbar war, in wenig Secunden anfangen wird zu leuchten, wo zugleich ſein Licht ſo ſchnell ſich verbreiten wird, daß er innerhalb weniger als einer Minute ganz erſchöpft wird, auch bei der nämlichen Behandlung nicht mehr leuchtet, bis er wieder dem Lichte ausgeſetzt worden. Vermöge dieſer Wärme kann Licht von einem Lichte oder ſelbſt vom Monde verſchiedene Tage nachher geſehen werden, ſo wie denn Phoſphorus, welcher kein Licht mehr durch die Wärme des kochenden Waſſers giebt, durch die Wärme des glühenden Eiſens wieder leuchtend wird. Vermittelſt dieſer Wärme wurde Phoſphorus, welcher im Finſtern mehr als ſechs Monate erhalten worden, gefunden, daß er einen beträchtlichen Grad Licht gab.

Herr Wilſon in ſeiner Abhandlung über die Phosphoren, hat eine Menge Verſuche über kalzinirte mit und ohne Salpeterſäure verbundene Auſterſchalen angeſtellt; und in allen Fällen erlangten ſie die phoſphoriſche Eigenſchaft in einem ſehr hohen Grade. Er goß etwas Scheidewaſſer, welches er vorher mit Kupfer geſchwängert hatte, auf eine Menge kalzinirter Auſterſchalen, ſo daß eine Art von Brei daraus ward; dieſe Paſte wurde ſodann in einen Schmelztiegel bei einem ziemlich heißen Feuer gegen 40 Minuten lang gethan. Nachdem er nunmehr die Maſſe herausgenommen, und gewartet, bis ſie ſich abgekühlt hatte, ſo ſetzte er ſie ſodann dem äußern Lichte aus; als er ſie nunmehr plötzlich ins Finſtre brachte, ſo ward er von der Erſcheinung einer Menge von Farben, gleich denjenigen des Regenbogens, aber ungleich lebhafter, überraſcht. Zufolge dieſer Erſcheinung von priſmatiſchen Farben wiederhohlte er jetzt den Verſuch auf verſchiedene Art, indem er die kalzinirten Auſterſchalen mit verſchiedenen Metallen und metalliſchen Solutionen verband, desgleichen mit verſchiedenen Säuern, mit alkaliſchen und Mittelſalzen ſowohl als mit Schwefel, Steinkohlen und andern brenn-

baren Subſtanzen. Durch alle dieſe erhielt er Phoſphoren, welche ein verſchiedentlich gefärbtes Licht gaben.

Was um ſo merkwürdiger war, iſt, daß er fand, daß Auſterſchalen die phoſphoriſche Eigenſchaft beſaßen, und die prismatiſchen Farben in einem beſonders auffallenden Grad äußerten; zu dieſer Abſicht war nichts mehr erforderlich, als ſie einem guten Steinkohlenfeuer auszuſetzen, und ſie einige Zeit darin zu erhalten. Bei Ablöſung der innern gelblichen Oberfläche jeder Schale wurden ſie vortrefliche Phoſphoren, und gaben die ſchönſten und lebhafteſten Farben.

Man ſieht zufolge der Verſuche des Herrn Wilſon, daß Feuer oder brennbare Materie weſentlich erforderlich iſt, um prismatiſche Farben in phoſphoriſchen Körpern zu erhalten; daß die Auſterſchale keine beſondere Eigenſchaft beſitzt, irgend eine beſondere Farbe ohne Hülfe und Beiſtand des brennbaren Grundſtofs zu geben; und daß die verſchiedenen Theile der Schalen ſolche Farben geben, als den verſchiedenen Eigenſchaften der brennbaren Materie entſprechen, die ſie enthalten.

Der brennbare Grundſtof ſcheint indeſſen ſo ſchwach verbunden zu ſeyn, daß er leicht zufolge der Wirkung des Lichts entwickelt wird.

Herr Beccaria machte den Verſuch, um zu zeigen, daß das nämliche Licht und kein andres von ihm ausſtrahlte, als er erhalten hätte; und Dr. Prieſtley folgerte daraus, daß Zanotti einen Fehler beginge, wenn er behauptete, daß die Phoſphoren vermöge i h r e s e i g e n e n L i c h t s leuchteten, nachdem ſie durch fremdes Licht angezündet worden. Zanotti ſcheint indeſſen nach dem Verſuche des Herrn Wilſon der Wahrheit näher gekommen zu ſeyn als Dr. Prieſtley glaubt, und vermöge ſeiner zahl-

reichen und genauen Verſuche die Meinung des Beccaria zu mißbilligen.

Die Verſuche über Phoſphoren können vielleicht erklären, warum erhitztes Eiſen, welches beim Tagelichte dunkel erſcheint, roth und feurig ausſieht, wenn es in ein finſtres Zimmer gebracht wird, nachdem es nur einen Theil derjenigen Glühung erhalten hat, die es am ofnen Tagelichte leuchtend machte. So ſind andre Körper einer anfangenden Glühung fähig, welche dem Auge in einer künſtlichen Verfinſterung ſichtbar wird; und eben dieſe anfangende Glühung iſt es, welche ſie zu Phoſphoren macht. Es iſt merkwürdig, daß ein Grad von Licht im erhitzten Oele ſichtbar wird, wenn man es in einem ſolchen dunkeln Medium betrachtet; und daß ſelbſt kaltes Waſſer nicht unmittelbar das Licht auslöſcht, welches von Zucker, von Gummi, von Papier u. ſ. f. eingeſogen worden.

Man hat längſt bemerkt, daß Körper, wenn ſie anfangen zu faulen, Licht geben; dies hat man am Fleiſche, an Fiſchen und beſonders am Holze beobachtet; am Fleiſche ſind die weichſten Theile am meiſten leuchtend, es erſcheint in dieſem Zuſtande als ob es mit Edelſteinen bedeckt ſey, und wenn man es berührt, ſo kommen die leuchtenden Partikelchen an die Finger; indeſſen findet dies nicht eher Statt, ehe die Fäulung nicht einen gewiſſen Grad erreicht hat, ſo wie es denn auch wieder aufhört, nachdem ſie über dieſen Grad gekommen iſt.

Die leuchtende Erſcheinung der See iſt lange bekannt geweſen und verſchiedentlich erklärt worden; gegenwärtig ſcheint ſie allgemein der phoſphoriſchen Erſcheinung zugeſchrieben zu werden, die von verfaulten Materialien, von Fiſchen und Vegetalilien entſteht, die bis zur Oberfläche des Waſſers in Form eines Schaums ſteigen, und ſo

wie ſie bewegt werden, mehr Licht geben, als wenn ſie in Ruhe ſind.

Es giebt einen merkwürdigen Unterſchied zwiſchen dem Lichte des verfaulten Holzes, der Fiſche, und demjenigen des Harnphoſphorus, ſelbſt wenn er ſich nicht in einem glühenden Zuſtande befindet; denn dieſer letztere hört nicht auf leuchtend zu ſeyn, ſelbſt wenn er ſich in einem luftleeren Recipienten befindet; das Gegentheil davon erfolgt beim verfaulten Holze und bei Fiſchen. Wenn er im Waſſer erhalten, und in die warme Luft geſetzt wird, ſo ſchießt der Harnphoſphor ſo große und ſtarke Blitze in die Luft oberhalb, daß man in Erſtaunen geſetzt wird, und diejenigen erſchrecken, welche keine Kenntniſſe davon haben.

Phoſphoren in dem weitläuftigſten Sinne des Worts, können als Körper angeſehen werden, welche Licht geben, eigentlich aber verſteht man darunter ſolche Körper, welche ein blaſſes Licht (was blos im Finſtern ſichtbar iſt) geben, ſo wie man ſie reibt, oder nachdem man ſie dem Einfluſſe des Lichts ausgeſetzt hat.

Körper ſcheinen im Dunkeln zufolge eines Ueberſchuſſes ihrer Wärme, und vermöge der Ergießung dieſes Lichts wird die Wärme in gewiſſem Grade zerſtreut; die Subſtanz des Körpers wird ſolchergeſtalt in der Temperatur deſſelben, oder nach ſeiner Wärme verändert.

Körper geben auch Licht zufolge der Auflöſung der phlogiſtiſchen Materie, welche in ihrer Subſtanz, oder in der Zuſammenſetzung der Theile derſelben enthalten war.

Indeſſen geben Körper auch Licht, ohne merklich in ihrer Temperatur geſtört zu werden, oder daß die Verbindung ihrer Subſtanz verändert worden wäre; dieſe Veränderung kann durch denjenigen wirkſamen Grundſtof

erhalten werden, wovon wir verſchiedene Gründe haben, um anzunehmen, daß er auf den Oberflächen der Körper ſich befinde.

Diejenige beſondre Art von Körpern, welche eine beſondre Kraft in ihrer Subſtanz beſitzen, wodurch einfallendes Licht reflektirt wird, oder welche ein Vermögen haben, Licht zu verſchlucken, werden nicht phoſphoriſch, wenn die Kräfte ihrer Oberflächen durch Friktionen oder einfallendes Licht erweckt worden ſind; allein ſolche Körper, welche nicht ſo offenbar Licht einſaugen oder reflektiren, und die nicht Elektrizität durch ihre Subſtanz leiten, ſind alle in gewiſſem Grade phoſphoriſch.

Daß das Licht, welches von den phoſphoriſchen Körpern gegeben wird, nicht das nämliche Licht ſei, dem der Körper ausgeſetzt worden iſt, wird durch die Verſuche des Herrn Wilſon bewieſen. Es dürfte daher ſcheinen, daß die Art des gegebenen Lichts blos von der beſondern Neigung des phoſphoriſchen Körpers entſtehe, und daß unter dieſer beſondern Neigung, die nämlichen phoſphoriſchen Körper, nachdem es erweckt worden, irgend eine beſondre Art von gefärbtem Lichte zufolge der Art geben können, nach welcher ſie für dieſe Operation, Licht zu geben, geſchickt gemacht worden ſind.

Zufolge der Verſuche des Herrn Wilſon ſieht man, daß es keineswegs das erweckende Licht iſt, welches von dem Körper gegeben wird, der im Finſtern leuchtet; es iſt keineswegs das ausgeſtrahlte Licht, oder Licht von der nämlichen Art, welches die größte Kraft hat, den Phoſphor zu erwecken, daß er leuchte; ſondern das Licht, welches den Phoſphor ſo wirkſam erweckt, iſt diejenige Art von Licht, welche an dem andern Ende der prismatiſchen Ordnung liegt, oder nach der Regel ihrer Refrangibilität demjenigen des gegebenen Lichts am meiſten entgegengeſetzt iſt.

Solchergeſtalt, obſchon das einfallende Licht eine Urſache des Scheinens durch Erweckung dieſer Eigenſchaft in dem phoſphoriſchen Kürper iſt, giebt es eine andre beikommende Operation zwiſchen dem Einfalle und dem Ergießen des Lichts; und man hat Grund anzunehmen, daß die beſondre Art des Lichts, die von der phoſphoriſchen Oberfläche erhalten wird, von der elektriſchen Flüſſigkeit abhängt, die vermöge des einfallenden Lichts in Thätigkeit geſetzt wird.

Phoſphoriſche und phlogiſtiſche Körper ſtimmen darin mit einander überein, daß ſie eine Menge Licht enthalten, welches ſich in keinem merklichen Zuſtande der Wärme befindet.

Ob nun wohl phlogiſtiſche und phoſphoriſche Körper Licht nach einerlei Grundſätzen geben, in ſo fern als dieſes von der leuchtenden Materie abhängt, welche in den Körpern enthalten iſt, und die während der Behandlung in Freiheit geſetzt wird, wodurch er leuchtend gemacht wird; ſo iſt doch die Art, wodurch die leuchtende Materie in Freiheit geſetzt wird, ſehr verſchieden, ſo wie es auch diejenige iſt, wodurch die leuchtende Materie zurück behalten wird. Das Ausſetzen an die Atmoſphäre iſt für das Ergießen des Lichts von phlogiſtiſchen Körpern weſentlich erforderlich; allein dies iſt ein Umſtand, der für die nämliche Behandlung in ſolchen, welche phoſphoriſch ſind, gleichgültig oder unnöthig iſt. In phoſphoriſchen Körpern giebt es keinen Unterſchied, den man wahrnimmt, nachdem ſie ihre leuchtenden Eigenſchaften verloren haben; allein dies iſt nicht der Fall mit phlogiſtiſchen Körpern, wo der größte Unterſchied bei der Abſonderung ihrer leuchtenden Materie bemerkt wird.

Phoſphoriſche Körper geben uns einen ſtarken beigängigen Beweis von einem bereits bemerkten Grundſatze,

daß Licht eine Materie ſey, welche einige Zeit lang darin ſeyn kann, ohne Wärme zu erzeugen, und ſo auch wieder davon getrennt werden und ſeinen Karakter als Licht annehmen kann, wie man ſehen wird, wenn man bedenkt,

1) daß ein phoſphoriſcher Körper blos leuchtend gemacht wird, wenn er dem Lichte ausgeſetzt werde; 2) daß er einem Lichte von einer gewiſſen Intenſität ausgeſetzt werden muß; 3) daß, vorausgeſetzt daß das Licht auf den phoſphoriſchen Körper hinreichend ſtark falle, die augenblickliche Darbietung ſchon hinreichend iſt, den Körper zu ſättigen, daß er ein deutliches Licht im Finſtern eben ſo giebt, als ob er bereits eine längere Zeit demſelben ausgeſetzt worden.

Es folgt alſo hieraus, daß das Licht eine Materie ſey, und daß dieſe Sonnenſubſtanz in Verbindung mit einem Körper, entweder auf ſeiner Oberfläche zurückbehalten, oder mit der gravitirenden Materie verbunden werden könne, aus welcher der Körper beſteht.

Allgemeine Bemerkungen in Rückſicht verſchiedener Wirkungen des Lichts im Verhältniß auf Körper; ein Auszug aus Dr. Hutton's Abhandlungen über verſchiedene Gegenſtände der Phyſik.

Ein bis zu einem ſtarken Grade erhitzter Körper giebt Licht, und Licht kann als eine Materie angeſehen werden, die ſich in einem geraden Laufe von einem Körper bewegt. Es iſt eine allgemeine Bemerkung, die durch die Verſuche des Herrn Pictet beſtätiget wird, daß die Intenſität der Wärme in einem Körper nach Verhältniß zu dem Lichte vermindert wird, welches von dem Körper ausfährt.

Licht, welches von einem heißen Körper ausfährt, und auf ſeinem Wege einen kältern Körper trift, deſſen

Temperatur genau gemeſſen werden kann, kann entweder von der Oberfläche des gegenüber liegenden Körpers reflektirt, oder innerhalb der Subſtanz des Körpers vertilgt werden. In dieſem letztern Falle, wenn nach Verhältniß zu dem in dem Körper vertilgten Lichte die Intenſität der Wärme vermehrt wird, kann man folgern, daß Feuer von dem Körper ſich als Licht bewegt, daß aber die Intenſität der Wärme in einem Körper nach Verhältniß vermehrt wird, als das Licht in demſelben vernichtet wird: es iſt daher in Rückſicht als Materie das nämliche mit dem Feuer.

Wärme und Licht können ſolchergeſtalt als verſchiedene Modifikationen der nämlichen Materie, oder als verſchiedene Wirkungen zufolge der verſchiedenſten Umſtände angeſehen werden, in welche dieſe Materie geſtellt werden kann.

Licht, welches in Rückſicht eines Körpers einfällt, kann entweder reflektirt oder durchgelaſſen werden, oder beides, und zwar dem größten Theile nach. So fern das Licht von der Oberfläche reflektirt, oder durch die Subſtanz eines Körpers durchgelaſſen wird, muß zufolge dieſer Modifikation der Matterie, welche nicht diejenige der Hitze iſt, keine Hitze erweckt werden. Dies ſtimmt mit der Beobachtung überein, denn durch reflektirtes oder durchgelaſſenes Licht wird keine Hitze erweckt.

Durch Feuer kann das Volumen der Körper verändert, durch Licht die Figur der Körper bemerkt werden; allein wir wiſſen nicht, ob Feuer und Licht eine eigene körperliche Form haben; indeſſen wird ihr Daſeyn vermöge ihrer Wirkungen offenbar: ihre Wirkungen, oder Geſetze der Bewegungen laſſen ſich durch Folgerung ſchließen.

Nichts iſt mehr deutlich als Licht und Feuer in ihren eigenen merkbaren Eigenſchaften, indeſſen ſind dieſe merkbaren Eigenſchaften bedingungsweiſe. Auf der einen Seite wird Feuer nicht gefühlt, wenn der empfindende Körper ſeine natürliche oder eigene Menge dieſer Subſtanz behält; auf der andern Seite hingegen wird Licht nicht empfunden, wenn es auf die Haut oder auf die Hände fällt. Da die Umſtände alſo, die zu den Erregung dieſer verſchiedenen Empfindungen gehören, vollkommen verſchieden ſind, ſo können wir aus dieſen verſchiedenen Empfindungen nicht ſchließen, daß die in beiden angewandte Materie nicht die nämliche ſey.

Körper in Bezug auf das Licht ſind leuchtend oder erleuchtet. Es geſchieht blos vermittelſt des Lichts daß Körper ſichtbar werden, und dieſes Licht muß von den leuchtenden Körpern ausgehen.

Da Körper, welche die Intenſität ihrer Wärme hinreichend vermehrt haben, leuchtend werden können, oder Licht geben: ſo wird, wenn das Licht der Körper in dieſer gewöhnlichſten Ueberſicht betrachtet wird, die Klaſſe der leuchtenden Körper hierdurch ſehr vermehrt werden.

Um Körper, welche eigenthümlich leuchtend ſind, von denjenigen zu unterſcheiden, welche blos Licht zufolge der Wärme geben, muß ich hier bemerken, daß Körper, welche nach der letztern Art Licht geben, nicht weiter verändert werden, als natürlich aus der Behandlung folgt, wodurch der erforderliche Grad von Wärme erzeugt wird: es können folglich dieſe Körper wieder in ihren vorigen Zuſtand zurückgehen, und durch wieder Erhitzung dieſe Behandlungen ohne Gränzen wiederhohlt werden. Allein Körper, welche eigentlich leuchtend ſind, ſind auf die Menge des Lichts eingeſchränkt; die ſie erhalten hatten, und das ſie zu geben vermögend ſind, wo ſodann, wenn ſie von ihrem eigenen Lichte er-

ſchöpft ſind, ſie blos zufolge des Feuers leuchten, welches wie Wärme wirkt.

Körper, welche vorzüglich leuchtend ſind, müſſen eine Menge Licht geben, welches in ihnen enthalten geweſen; ſolche Körper müſſen daher eine gewiſſe Art von Materie in ihrer Subſtanz enthalten, welche die phlogiſtiſche, brennbare oder verbrennliche Materie genennt wird. Nun kann dieſes Phlogiſton in den chemiſchen Behandlungen der Materie von der Subſtanz eines Körpers auf eine andre übergetragen werden; auf welche Art denn Körper phlogiſtiſch oder fähig gemacht werden, beſonders ſtark zu leuchten, als ſie vorher nicht waren.

Alle Körper, welche zum Leuchten gebracht werden, erfordern einen gewiſſen Grad von Wärme, ohne welchen ſie nicht leuchten; ſo daß alle Körper, welche leuchten ſollen, ſie mögen nun eigentlich leuchtend ſeyn oder nicht, darin übereinſtimmen, daß ſie die Ergießung des Lichts als eine Folge der Wärme beſitzen, und daß ſie eine gewiſſe Intenſität der Wärme, als erforderliche Beſchaffenheit für das Ausſtrömen des Lichts nöthig haben; in ſo fern als dieſes der Fall iſt, können ohne Wärme Körper kein Licht geben.

Erhitzte Körper, welche Licht geben, verlieren, wie ich bereits bemerkt habe, ihre Wärme immerfort, indeß kältere Körper, die dem Lichte ausgeſetzt werden, Wärme annehmen; ſolche Körper müſſen daher ihre Wärme ſowohl als ihr Licht immerfort verlieren, indem ſie ein Gleichgewicht der Wärme mit den angränzenden und ſie umgebenden Körpern machen.

Anders verhält es ſich mit verbrennlichen Körpern, denn obſchon dieſe einen gewiſſen Grad von Wärme je nach der Beſchaffenheit erfordern, als ſie leuchten; ſo finden doch, da ſie auch nach andern Grundſätzen leuchten, wäh-

rend dem ſie leuchten, Erſcheinungen Statt, die von denjenigen der Körper ſehr verſchieden ſind, die blos vermöge der Intenſität ihrer Wärme leuchtend ſind.

Die Sonnenſubſtanz ſcheint ſehr verſchiedentlich in Verhältniß zu den Körpern modifizirt, oder verſchieden in Rückſicht des Raums und der Dinge beſchaffen zu ſeyn; ſo iſt ſie einmal Feuer, ein andermal Licht, oder auch Elektrizität. Bei jeder dieſer Modifikationen bemerkt man ganz eigentlich Wirkungen unter verſchiedenen Abſichten, nicht aber von entgegengeſetzten Beſchaffenheiten. Vermöge verſchiedener Aehnlichkeiten folgert man, daß die verſchiedenen Wirkungen zu der nämlichen Art von Materie gehören, nur nach den beſondern Abſichten, die man in ihren verſchiedentlich ausgezeichneten oder verſchiedenen Modifikationen bemerkt.

Körper in Bezug auf Licht, können als von zwei verſchiedenen Arten angeſehen werden; eine Art giebt Licht von ſich ſelbſt, oder iſt ein Theil ihrer Subſtanz unmittelbar vor ihrem Leuchten geweſen; die andre Art giebt kein Licht, ausgenommen dasjenige, womit ſie von andern Körpern erleuchtet worden. Daher die allgemeine Eintheilung der Körper in leuchtende und dunkle oder undurchſichtige.

Körper in Bezug auf dasjenige Licht, womit ſie erleuchtet werden, unterſcheidet man in zweierlei Arten, entweder durchſichtige oder undurchſichtige. Es findet daher hier ein andrer Sinn Statt, unter welchem Undurchſichtigkeit genommen werden kann; daher es, ehe wir die beſondern Beſchaffenheiten des Lichts und der Körper unterſuchen, nöthig ſeyn wird, einen beſtimmten Begrif dieſer Eigenſchaft voraus zu ſchicken, welche vielleicht in verſchiedenem Sinne betrachtet werden kann.

Dunkelheit oder Undurchſichtigkeit, als eine Eigenſchaft der Körper, kann entweder in einem mehr beſchränk-

ten, oder in einem weitläuftigern Sinne genommen werden; in dem einen Falle bedeutet ſie einen Mangel an Durchſichtigkeit, in dem andern, daß kein Licht von einem Körper kommt. Das erſte iſt eine Eigenſchaft, die eigentlich, oder blos der Durchſichtigkeit entgegen geſetzt iſt; das letzte bedeutet Dunkelheit in einem Körper, welche Urſache dieſerwegen auch vorhanden ſeyn dürfte.

Nimmt man Undurchſichtigkeit im ausgebreiteten Sinne, ſo kann, da es zwei verſchiedene Principe der Erleuchtung oder der Arten giebt, wodurch Licht von einem Körper ausfahren kann, die Eigenſchaft der Undurchſichtigkeit in Bezug auf jedes unterſucht werden.

Wenn Licht verbreitet wird, was eigenthümlich zu einem Körper gehört, ſo ſagt man, daß es von einem leuchtenden Körper komme; es kann daher Undurchſichtigkeit, wenn ſie auf einen Körper angewendet wird, einen Körper bezeichnen, welcher kein eigenes Licht giebt. Allein da in dieſem Falle das Licht, welches verbreitet werden ſoll, als ein Theil des Körpers, angenommen wird, ſo wird die Undurchſichtigkeit ſeiner Subſtanz in dieſem beſondern Sinne eine Eigenſchaft blos in Bezug zu der Subſtanz des Körpers, nicht aber zu ſeiner Form, d. i. zu ſeiner Figur und Volumen ſeyn.

Zu gleicher Zeit, als dieſe Eigenſchaft der Undurchſichtigkeit ſolchergeſtalt als blos anwendbar auf die Subſtanz eines Körpers gefunden wird, ſieht man auch, daß dies blos eine negative Eigenſchaft iſt, in dem Sinne, daß der Körper kein eignes Licht hat; oder wenn er leuchtende Materie beſitzt, daß die erforderlichen Umſtände nicht vorhanden ſind, daß dieſe Subſtanz leuchte.

In Rückſicht des andern Verfahrens Licht zu geben, wenn ein Körper undurchſichtig iſt, oder als undurchſichtig angeſehen werden ſoll, bezieht ſich dieſes auf einfallen-

des oder fremdes Licht. Licht, welches auf einen Körper fällt, kann entweder reflektirt werden, in welchem Falle es den Körper erleuchtet, oder es kann durchgelaſſen werden, in welchem Falle der Körper durchſichtig wird; in keinem dieſer beiden Fälle iſt Undurchſichtigkeit eine Eigenſchaft, die man nothwendig an dieſem Körper wahrnimmt. Allein Licht, welches auf die Oberfläche des Körpers fällt, und hier ohne unmittelbares Leuchten zurückbehalten wird, iſt hier als eine Eigenſchaft in dem Körper anzuſehen, welche zu gleicher Zeit, als ſie eine poſitive Eigenſchaft iſt, auch eigentlich zu reden, die Eigenſchaft der Undurchſichtigkeit iſt, als entgegengeſetzt der Durchlaſſung des Lichts, welches Durchſichtigkeit iſt.

In dieſem Falle der Undurchſichtigkeit, als poſitive Eigenſchaft betrachtet, wird kein Verhältniß zwiſchen Form, Figur oder Volumen, als eigentliche Eigenſchaften eines Körpers, und dieſe Eigenſchaft oder Kraft in Bezug auf das Licht bemerkt; Undurchſichtigkeit alſo in dieſem eigentlichen Sinne muß als eine Eigenſchaft angeſehen werden, welche, indeß ſie poſitiv iſt, blos zu der Subſtanz des Körpers gehört und eigentlich unterſucht werden kann, ohne auf die Form oder das Volumen Rückſicht zu nehmen.

Da Durchſichtigkeit in der freien Durchlaſſung des Lichts durch einen Körper beſteht, ſo muß die abſolute Solidität der Partikelchen der Materie in einem Körper mit dieſer Eigenſchaft nicht übereinkommen; denn da durchſichtige Körper das Licht gleichförmig in allen Richtungen durchgehen laſſen, ſo geſchieht es blos in Vorausſetzung der widerſtehenden Theile des Körpers, daß ſie zu den nicht widerſtehenden Theilen in einem unbeſtimmbar geringern Verhältniſſe ſind, und daß dieſe Eigenſchaft der vollkommnen Durchſichtigkeit als übereinſtimmend mit der Ausdehnung und der direkten Bewegung der Lichtſtrah-

len gedacht werden kann. Zu gleicher Zeit muß bei Beurtheilung der Härte und Inkompreſſibilität, wenn dieſe angenommen werden, daß ſie von der Solidität der Subſtanz abhängen, ein großes Verhältniß der Materie in dem Körper befindlich ſeyn.

Allein da es keinen Grund giebt, an der vollkommnen Durchſichtigkeit der Körper zu zweifeln, blos als eine durchgehende Eigenſchaft betrachtet, ſo hat man vielleicht allen Grund, welcher von dem übereinſtimmenden Zeugniſſe der natürlichen Erſcheinungen gezogen werden kann, die Vorausſetzung zu rechtfertigen, daß in einem durchſichtigen Körper das abſolute Volumen der Materie, welches ſich dem Durchgange des Lichts nothwendig widerſetzt, und das abſolute Volumen der Theile des Lichts, welchem nothwendig beim Durchgange durch dieſen Körper widerſtanden wird, zu dem übrigen Theile des Raums in einem geringern Verhältniſſe ſeyn, als je beſtimmt werden kann. Da dies der Fall iſt, iſt offenbar, daß diejenigen zwei Eigenſchaften der Durchſichtigkeit in Bezug auf die Lichtſtrahlen, und die widerſtehende Kraft in Bezug der äußern Kraft, Dinge ſind, die offenbar entgegen ſind, wenn wir annehmen, daß die dichte Materie die vorzüglichſte der Körper ſey.

Hingegen Undurchſichtigkeit als eine Eigenſchaft betrachtet, wodurch Durchlaſſung durch die Subſtanz eines Körpers verweigert wird, wird ſcheinen, daß ſie nicht von dem nothwendigen Widerſtande der Materie in einem Körper gegen die Lichtſtrahlen, von ihrer Ausdehnung, noch von der mechaniſchen Neigung dieſer Materie auf irgend eine begreifliche Art entſtehe, denn 1) ſcheint, je nach irgend einem Verfahren zu urtheilen in Rückſicht der Menge der Materie in einem Körper, dieſe Menge keinen Einfluß zu haben, um Undurchſichtigkeit zu erzeugen.

2) Scheint die kleinſte Menge an Materie, die hinreichend undurchſichtig iſt, und noch unterſucht werden kann, eben ſo wirkſam zu ſeyn, den Durchgang des Lichts zu unterbrechen, als die größte Menge an Materie, die nicht hinreichend undurchſichtig iſt; zu gleicher Zeit ſcheint auch dieſe Eigenſchaft der Undurchſichtigkeit in einem Körper nicht durch irgend eine mechaniſche Veränderung oder Neigung der Theile verändert zu werden: es wird daher, obſchon die Durchſichtigkeit der Körper zufolge der Annahme von unbeſtimmter Stärke und unbeſtimmter Lockerheit in der feſten Materie und Bauart der Körper erklärbar wäre, dieſe Theorie oder Vorausſetzung mit der entgegen geſetzten Eigenſchaft, d. i. der Undurchſichtigkeit in Körpern, nicht beſtehen; denn es reicht, indeß die größte Menge einer dichten durchſichtigen Subſtanz das Licht vollkommen in jeder möglichen Richtung durchläßt, die geringſte Menge einer lockern undurchſichtigen Subſtanz zu, Licht ohne Reflexion und Durchgang aufzuhalten, und es zurückzubehalten. Es iſt alſo nach mechaniſchen Grundſätzen unmöglich, dieſe zwei verſchiedenen Eigenſchaften der Körper mit einander zu vereinigen. Es iſt daher, unabhängig von der unüberſteiglichen Schwierigkeit, die dichte Materie der Körper für dieſe zwei einander entgegengeſetzte Abſichten zuſammenzuſetzen, hier ein Beweis von den einfachen Größen der Materie in Körpern, wodurch bewieſen wird, daß Undurchſichtigkeit nicht von irgend einer mechaniſchen Einrichtung der dichten Materie entſpringt, und daß daher Körper keineswegs aus dichter Materie und Raum, getrennt und verbunden, beſtehen.

Licht ſcheint durch die Subſtanz eines homogenen durchſichtigen Körpers mit gleicher Leichtigkeit zu gehen, als man ſieht, daß es ſich in dem dünnſten und leereſten Raume bewegt; folglich macht die Materie eines ſolchen Körpers dem Lichte keinen merklichen Widerſtand.

Man kann daher fragen, welche Art der Materie diejenige iſt, welche keine Gewalt dem Lichte zu widerſtreben beſitzt? Oder welche beſondern Kräfte in den Körpern mit dieſem Mangel an Kraft in Verhältniß zu dem Lichte verbunden ſind?

Die härteſten und weichſten Körper ſind gleichmäßig durchſichtig; Licht ſcheint nicht mit weniger Leichtigkeit durch einen Diamant zu gehen, als durch die Luft: es widerſteht daher diejenige Kraft in den Körpern, welche der Bewegung der Theile in Bezug auf einander mit ſo großer Dichtigkeit widerſteht, nicht der Bewegung des Lichts, oder dieſer beſondern Modifikation der Materie.

Flüſſige und feſte Körper, Waſſer und Kriſtal, ſind gleich durchſichtig; es macht folglich dieſe Kraft, wodurch die Theile der Körper in beſondere Lagen geſetzt werden, keinen Widerſtand gegen das Licht.

Schwere Körper können eben ſowohl durchſichtig ſeyn als leichtere: Bleiglas, Kriſtal, Eis, Luft ſind alle durchſichtige Körper; es macht daher, da die Materie des Lichts keine gravitirende Kraft zu haben ſcheint, die Kraft der Gravitation in Körpern keinen Widerſtand oder Einwirkung gegen die Bewegung des Lichts.

Die beſondern anziehenden Kräfte der Subſtanzen ſcheinen nicht mehr geneigt zu ſeyn, der Materie des Lichts zu widerſtehen, als die allgemeinen Kräfte der Körper, deren wir erwähnet haben; ſo ſind Luft, Waſſer, Säure, Alkalien und Mittelſalze alle durchſichtig.

Es kann daher zufolge der Unterſuchung der Körper in Rückſicht der Durchſichtigkeit, dieſe allgemeine Folgerung gemacht werden, daß die anziehende graviti-

rende Materie in Körpern keine Kraft zu haben ſcheint, dem Lichte zu widerſtehen.

Allein bei undurchſichtigen Körpern giebt es Kräfte, wodurch das Licht in der That Widerſtand leidet.

In den durchſichtigen Körpern, die wir bereits unterſucht haben, iſt jede Art der Subſtanz außer einer beſeitigt worden; dieſe, welche die phlogiſtiſche Subſtanz iſt, allein noch nicht in Rückſicht des Lichts unterſucht worden, hat man gefunden, daß ſie im Stande iſt, jede allgemeine anziehende oder gravitirende Kraft in Körpern aufzuhalten, ihr zu widerſtehen und ſie zu verändern: es werden daher, wenn man dieſe Subſtanz geſchickt findet, es ſey nun auf mittelbare oder unmittelbare Art, um dem Lichte entgegen zu wirken, oder es zu verändern, die Eigenſchaften der Durchſichtigkeit und Undurchſichtigkeit in Körpern gehörig erklärt werden; zu gleicher Zeit wird man, wenn dieſe natürliche Erſcheinung der durchſichtigen und undurchſichtigen Körper in vollkommner Uebereinſtimmung mit der Theorie der bereits unterſuchten Materie iſt, diejenige Beſtätigung erhalten, welche bey phyſikaliſchen Gegenſtänden erfordert wird.

Wir haben durchſichtige Körper ſo betrachtet, daß ſie auf das Licht nicht wirken, welches ſolchergeſtalt mit vollkommner Leichtigkeit durch ihre Subſtanz geht; allein es iſt zu dieſer Abſicht eine weſentliche Bedingung, daß die Subſtanz homogen, und in ihrer Dichtigkeit gleichförmig ſey, oder daß der Körper in Verhältniß zu dem Volumen gleichförmig ſey, welches ſeine verſchiedenen Theile einnehmen; denn ein größerer Grad von Dichtigkeit in einem Theile eines Körpers, der außerdem vollkommen homogen ſeyn kann, macht den Körper geneigt, in demjenigen Theile auf das Licht zu wirken, wo eine Veränderung der Dichtigkeit Statt findet.

Daher hat man bemerkt, daß die Oberflächen anliegender Körper, welche durchſichtig, aber von verſchiedenen Dichtigkeiten ſind, auf verſchiedene Art, und nach einer beſtimmten Regel auf das Licht wirken.

So ſind Reflexion, Refraktion und Extinktion Wirkungen auf das Licht von durchſichtigen Körpern, deren Geſetze, zur Ehre der Phyſik, auch bereits ſo vollkommen ausgeforſcht worden ſind.

Vermöge der beſondern Geſetze, die man in dieſen Fällen beobachtet hat, hat man Urſache zu ſchließen, daß es gewiſſe Kräfte giebt, die an einem Orte liegen, der den Oberflächen der Körper entſpricht, wodurch Licht, auf welches außerdem nicht gewirkt werden würde, in ſeinem Wege ſowohl reflektirt, als auch in ſeiner Bewegung aufgehalten werden kann. Sieht man nun auf Elektrizität, ſo findet man gewiſſe Kräfte, die genau an dieſem Orte liegen; und da die Materie der Elektrizitat, welche eigentlich an dieſem Orte ſich befindet, und diejenige, welche der phlogiſtiſchen Subſtanz eigen iſt, wodurch allein auf das Licht ſchien gewirkt zu werden, von einerlei Art, und gewiſſermaßen verſchiedene Modifikationen der nämlichen Art der Materie ſind, ſo hat man Urſache zu ſchließen, daß die Kräfte, wodurch an den Oberflächen durchſichtiger Körper auf das Licht gewirkt wird, von einerlei Beſchaffenheit mit denjenigen ſind, wodurch bei undurchſichtigen Körpern gleichfalls auch Wirkungen auf das Licht erfolgen.

Von den Inflexionen der Lichtſtrahlen, welche in der Nähe der Körper vorbeigehen.

Die Verſuche über dieſen Gegenſtand waren die letztern des Sir J. Newton, die er angeſtellt hat, von denen

er auch ſelbſt bekennt, daß ſie ſehr unvollſtändig ſind; diejenigen, die ihm in dieſem feinen und wichtigen Zweige der Naturphiloſophie gefolgt ſind, haben wenig mehr gethan, als zu denjenigen einige einzelne Fakta beizutragen, welche bereits von ihm bemerkt worden ſind. Das Geſetz, welches die Kräfte befolgen, welche das Licht inflektiren, und die Gränzen ihrer Wirkung, ſind noch bisher unbekannt. Indeſſen iſt eines der allgemeinen Reſultate aus den Verſuchen, daß Körper auf das Licht unter geringer Entfernung durch Attraktion und Repulſion wirken.

Wenn ein Strahl des Sonnenlichts in ein verfinſtertes Zimmer durch eine Oefnung von der Breite des 42ſten Theils eines Zolls, oder ohngefähr um dieſes Maaß, durchgelaſſen wird, ſo erſcheinen die Schatten von Haaren, Fäden, Nadeln, Strohhalmen u. ſ. f. beträchtlich größer, als es der Fall ſein würde, wenn das Licht bei ihnen in geraden Linien vorbeiginge. So warf z. B. ein Haar, deſſen Breite den 250ſten Theil eines Zolls betrug, ſo wie es in dieſes Licht ohngefähr 12 Fuß von der Oefnung gehalten wurde, einen Schatten, welcher unter der Entfernung von 4 Zoll von dem Haare den 60ſten Theil eines Zolls breit war, d. i. über viermal ſo breit, als das Haar iſt. Die Wirkung iſt die nämliche, obſchon die Dichtigkeit des Mediums, das an dem kleinen Körper anliegt, verändert wird, indem der Schatten unter ähnlichen Entfernungen gleich, es mochte nun in ofner Luft geſchehen, oder zwiſchen zwei Platten von feuchtem Glaſe eingeſchloſſen, wenn man nur Sorge trug, daß der Einfall und das Ausfahren des Strahls ſenkrecht auf die Gläſer war. Die Riſſe auf der Oberfläche, oder die Adern in dem Glaſe warfen breitere Schatten, als es der Fall ſeyn ſollte, wenn man die gewöhnliche Refraktion nimmt, die von irgend einer Wirkung des umgebenden Medium geſchehen dürfte.

Es ſey x Taf. VII. Fig. 2. ein Haar, welches in einen Strahl gelegt wird; ADG, BEH, KNQ, LOR ſind Strahlen des Lichts, welche bei den Seiten deſſelben weggehen, bey x gebogen werden, und wenn ſie auf das Papier GQ fallen, gehen die zwei Strahlen TI, VS an dem Haare hin, ohne reflektirt zu werden; allein alle Strahlen zwiſchen TI und VS werden gebogen, ſo wie ſie an dem Haare vorbeigehen, und ſeitwärts von dem Schatten IS gewendet. Das Licht, welches bei dem Haare am nächſten vorbeigeht, wie bei D und N, wird am meiſten gebogen, ſo wie es nach G und Q geht; diejenigen, welche weiter entfernt ſind, wie bei E und O, werden am wenigſten gebogen; und ſo fort bis TI und VS: folglich iſt die Wirkung auf die Lichtſtrahlen unter den geringſten Entfernungen am ſtärkſten, und wird ſchwächer und ſchwächer, ſo wie die Entfernung des vorbeigehenden Strahls wächſt.

Die Schatten aller Körper werden mit drei parallelen Franzen von gefärbtem Lichte eingefaßt; der nächſte am Schatten iſt am hellſten, und der entfernteſte am ſchwächſten; die Ordnung der Farben von innerſt an gerechnet, iſt Violet, Blau, Grün, Gelb, Roth. Wenn man nach der Sonne durch eine Feder, oder durch ein ſchwarzes Band ſieht, welches dichte an das Auge gehalten wird, ſo wird man verſchiedene Franzen von Farben ſehen.

Man laſſe einen Strahl des Sonnenlichts durch eine Oefnung von dem vierten Theil eines Zolls breit gehen, ohngefähr 3 Fuß von der Oefnung lege man ein Blatt Pappe, welches auf beiden Seiten ſchwarz gefärbt worden; in die Mitte der Pappe mache man eine Oefnung $\frac{1}{4}$ eines Quadratzolls für den Durchgang des Lichts, und hinter der Pappe befeſtige man die Klinge eines ſcharfen Meſſers, ſo daß ein Theil des Lichts gehindert werde, welches durch die Oefnung geht. Das Meſſer und die Pap-

pe müſſen parallel ſeyn, und beide unter rechten Winkeln mit dem Strahle. Einen Theil des Lichts, welcher an der Meſſerſchneide vorbeigeht, laſſe man auf ein weißes Papier ohngefähr unter 3 Fuß Entfernung fallen, wo zwei Lichtſtröme ſeyn werden, welche zu beiden Seiten in den Schatten ſchieſſen, und gewiſſermaßen dem Schweife eines Kometen ähnlich ſind. Da dieſe Ströme ſehr blaß ſind, ſo iſt es erforderlich, um ſie deutlich zu ſehen, daß man die geraden Strahlen durch eine Oefnung in dem Papiere auf ein Stück ſchwarzes Tuch gehen läßt; das Licht der Ströme wird ſodann auf dem Papiere bis zu einer Entfernung von 6 oder 8 Zoll von dem geraden Lichte der Sonne auf jeder Seite merklich, und nimmt in dem ganzen Verlaufe von dieſer geraden Richtung allmählich ab, bis es unmerkbar wird.

Setzt man nun ein anderes Meſſer mit ſeiner Schneide dem erſtern ſehr nahe und parallel, ſo wird, wenn ſie um den 400ſten Theil eines Zolls entfernt ſind, der Lichtſtrom, welcher zwiſchen ſie durchgeht, getheilt werden, indem er ſich in der Mitte trennt, und einen dunkeln Schatten in dem Zwiſchenraume läßt: ſo wie die Schneiden ſich nähern, wird auch der Schatten breiter, und der Strom an dem innern Ende enger; ſo daß das Licht, welches am wenigſten gebogen wird, zu dem innern Ende des Stroms geht, und unter der größten Entfernung von den Schneiden vorbeigeht. Dieſer Abſtand iſt ohngefähr der 800te Theil eines Zolls: wenn der Schatten zuerſt anfängt, ſo wird das Licht, welches unter den geringern Entfernungen vorbei geht, mehr gebogen, und geht gegen diejenige Seite, welche am entfernteſten von dem direkten Lichte iſt: kurz vorher, ehe die Schatten erſcheinen, fangen die Franzen auf beiden Seiten an, und ſo wie die Meſſer ſich nähern, werden ſie immer deutlicher und größer, bis beym Zuſammenſtoß der Meſſer das ganze

Licht verſchwindet, und ſeinen Ort dem Schatten hinterläßt.

Man laſſe einen Strahl des Sonnenlichts durch eine kleine Oefnung, die mit einer Spitze in eine ſchwache Bleiplatte gemacht worden, und lege ein Priſma an die Oefnung, um das Licht an die gegenüberliegende Wand zu refraktiren. Die Schatten aller Körper, die in dem gefärbten Lichte gehalten werden, werden mit Franzen von der Farbe desjenigen Lichts umgeben, in welches ſie gehalten werden; im rothen Lichte ſind ſie roth, im blauen blau u. ſ. f.; allein die Franzen in dem rothen Lichte ſind die größten, diejenigen im violetten am kleinſten; das Grün iſt zwiſchen beiden, und dies unter allen Abſtänden von dem kleinen Körper.

So daß die Strahlen, welche die Franzen in dem rothen Lichte machten, bei dem Haare unter einer größern Entfernung vorbei gingen, als diejenigen, welche die violetten Franzen machten; das Haar wirkte ſolchemnach, als es dieſe Franzen erzeugte, ähnlich auf die rothen Strahlen, welche unter einem größern Abſtande waren, als auf die violetten unter geringern Entfernungen; auf welche Art denn das rothe Licht zu größern Franzen, und das violette zu kleinern u. ſ. f. geneigt gemacht wurde, ohne die Farbe der Strahlen zu ändern.

Wenn ein Haar in einen weißen Strahl des Sonnenlichts gehalten wird, und einen Schatten wirft, der durch drei Franzen von gefärbtem Lichte eingefaßt wird, ſo entſtehen dieſe Farben von den verſchiedenen Inflexionen, wodurch die Strahlen getrennt werden, und wenn dies geſchehen, jeder ſeine eigene Farbe macht. In dem letztern Verſuche, wo die Strahlen getrennt werden, ehe das Licht zu dem Haare kommt, waren die rothen oder am wenigſten refrangibeln Strahlen unter größern Entfernun-

ſen inflektirt, und die violetten oder am meiſten refrangibeln Strahlen unter einem geringern Abſtande, indem ſie drei violette Franzen unter einer geringern Entfernung machten, indeß die rothen Strahlen drei rothe Franzen unter einer größern Entfernung gaben; die mittlern Strahlen machten drei Franzen von ihren gehörigen Farben unter mittlern Entfernungen von dem Schatten des Haars. In dem weißen Lichte werden dieſe verſchiedenen Farben durch die verſchiedene Inflexion der Strahlen getrennt, und ihre Franzen erſcheinen alle zuſammen; die innerſten, welche in eins zuſammengehen, machen eine breite Franze, welche aus allen Farben unter gehöriger Ordnung beſteht, die violetten, als dem Schatten am nächſten, die rothen am entfernteſten davon, und die übrigen an ihren Stellen. Auf gleiche Art machen die mittelſten Franzen eine breite Franze von allen ihren Farben, und die äußerſte Franze macht eine andre breite Franze gleich den übrigen; dieſes ſind die drei Franzen vom gefärbten Lichte, womit die Schatten aller Körper umgeben werden.

Aus dieſen und verſchiedenen andern Verſuchen von der nämlichen Art kann man ſchließen, daß auf die Lichtſtrahlen irgend eine Kraft wirke, welche ſie aus ihrem geraden Wege biegt, und da dieſe Kraft die Strahlen nicht in den Schatten der Körper biegt, von woher angenommen wird, daß die Einwirkung komme, ſondern von dem Schatten weg, ſo hat man ſie als eine repulſive Kraft angeſehen, welche unter der geringſten Entfernung am ſtärkſten iſt.

Von den Wirkungen des Lichts auf Körper, und von der Abhängigkeit der Farbe der Pflanzen u. ſ. f. vom Lichte.

Sie werden öfters finden, daß phyſikaliſche Kenntniſſe geſchwindere Fortſchritte machen, wenn man aus bekannten Sätzen folgert, als neue entdecket, die, ob ſie ſchon die Gegenſtände erweitern, und Beiträge liefern, von denen Folgerungen gemacht werden können, demohnerachtet im Stande ſind, vermöge ihrer Neuheit uns in haſtige unverdaute Theorien zu verwickeln. Wir haben einen ſtarken Hang, entweder hinter oder vor uns nach Verſchiedenheit zu ſehen, anſtatt den unfruchtbaren Ort zu beurbaren, worauf wir ſtehen. Ich werde verleitet, dieſe und einige der folgenden Bemerkungen zufolge des Gegenſtands zu machen, den wir vor uns haben, welcher von den neuern Phyſikern nur zu ſehr vernachläſſiget worden iſt; wir beſitzen Abhandlungen vom Lichte, welches durch das Priſma getrennt und getheilt wird; über Wärme, wie fern ſie durch das Thermometer gemeſſen wird; allein keine über jenen Ocean von Sonnenfluidum, in welchem alle Körper gleichſam ſchwimmen; keine über die verſchiedenen Einflüſſe der Sonne, wovon doch das Leben und die Thätigkeit aller Dinge in der natürlichen Welt abhängt. Sie ſcheinen vergeſſen zu haben, daß die in der Natur überall ununterbrochen fortgehenden Proceſſe, eben ſo ſehr Mittel zu Kenntniſſen ſind, als der vollſtändigſte Apparat des experimentirenden Phyſikers. Sinne und Erfahrung machen uns mit dem Hergange und der Aehnlichkeit der Erſcheinungen und natürlichen Wirkungen bekannt; Nachdenken und Anwendung unſerer Urtheilskraft führen uns zu der Kenntniß ihrer Urſachen.

Um das hypothetiſche Verfahren einiger ehemaligen Phyſiker zu vermeiden, ſucht man dagegen in unſern Zeiten

blos unzuſammenhängende Thatſachen auf einander zu häufen; hält jene neue Form oder jede neue Erſcheinung für eine wichtige Entdeckung, bemüht ſich aber ſelten ihrem Zuſammenhang mit höhern und niedrigern Urſachen aufzuſpüren, wovon doch alle ihre wahren Kräfte und Thätigkeiten abhängen. Wenn wir bei Verſuchen ſtehen bleiben, ohne im geringſten weiter fortzugehen, ſo werden wir niemals die Urſachen ausmitteln; und verlaſſen wir uns ganz auf Verſuche, ſo finden wir nur falſche auf, weil das wirkende Grundweſen in der Natur ſo fein iſt, daß es den Sinnen und Verſuchen entſchlüpft und nie von ihnen entdecket werden kann, wiewohl ſie, wenn wir es einmal kennen, ſehr dazu beitragen, ſeine Wirkungen zu beobachten.

Die Alten verwandten wenig Aufmerkſamkeit auf die Experimentalphyſik, ſondern legten ſich mit einem wahren philoſophiſchen Eifer auf Beobachtung der Phänomene der Natur; dieſes Verfahren war auch in der That ganz mit der Vernunft übereinſtimmend, denn von Verſuchen kann man nur eigentlich ſagen, daß ſie die Lücke ausfüllen, welche die einfache Beobachtung nothwendig zurückläßt.

Das Geſchäfte der Experimentalphyſik iſt die Enthüllung derjenigen Erſcheinungen, deren Urſachen durch die Urtheilskraft ohne Beihülfe nicht entdeckt werden kann, und deren Verbindung ſie nicht auszuforſchen vermögend iſt; die weitern Fortſchritte dieſes Zweiges an Kenntniſſen hängen daher von der Menge und Genauigkeit unſrer Beobachtungen in Rückſicht der Verhältniſſe ab, welche natürliche Gegenſtände zu einander haben.

Dr. G. Fordyce hat bemerkt, daß alle unſre Kenntniß von Dingen blos aus Erfahrung entſpringen müſſe, d. i. von der Ueberzeugung, die unſre Sinne uns von den Erſcheinungen in der Natur geben, oder mit andern Wor-

ten, wovon die Kreaturen des Allmächtigen in uns Eindrücke zurücklaſſen. Allein, einige dieſer Eindrücke erhalten wir von den Begriffen, welche von Dingen entſtehen, die nicht ganz unter unſrer Herrſchaft ſtehen, oder von Umſtänden, die unmittelbar von der Allmacht regiert werden. So ſieht z. B. ein Menſch, wie ein Baum ſeine Blätter im Herbſte verliert; er ſieht, wie ſie ſich im Frühjahre wieder erneuern, und wie ein neuer Wachsthum im Sommer Statt findet; er ſieht, wie die Blüten im Frühjahre ſich öfnen; auf dieſe findet er, daß Früchte folgen, die, wenn ſie auf die Erde fallen, vermögend ſind, neue Bäume von der nämlichen Art hervorzubringen; oder er ſieht, wie ſie von Thieren aufgeleſen werden, und daß ſie ihnen zur Nahrung dienen. Bei dieſer Art, Kenntniſſe zu erlangen, verhält ſich der Menſch leidend; er trägt nichts bei, daß Blätter im Herbſte abfallen und im Frühjahre wieder hervorgebracht werden; daß neues Holz im Sommer wächſt, noch daß die Blumen ſich öfnen, noch der Saame mit dem Embryo geſchwängert werde; er thut nichts, daß die Frucht wachſen muß, noch unterrichtet er die Thiere, daß ſie ihnen zur Nahrung dienen könnten. Diejenigen Kenntniſſe, welche wir durch Aufmerkſamkeit auf dieſe natürlichen Zufälle erlangen, heißt Beobachtung.

Das menſchliche Gemüth, nicht zufrieden mit der Beobachtung deſſen, was auf dieſer Erde geſchieht, und von ſeiner eigenen Selbſterhaltung, zur weitern Thätigkeit, als bei der thieriſchen Schöpfung Statt findet, angetrieben, ſchreitet nothwendig zu fernern Nachforſchungen. Diejenigen Kreaturen, denen blos dieſe Erde zur Wohnung angewieſen iſt, erhalten Nahrung und Bekleidung ohne alle Mühe und Anſtrengung ihrer Kräfte, während dem ihr kurzes Leben dauert. Für den Landmann hingegen iſt es nicht hinreichend, ſich umzuſehen, wo Korn von

Natur wächſt; es iſt vielmehr erforderlich mit einer unendlichen Menge von Verſuchen, als auf dem Erdboden geſchehen kann, zu unterſuchen, ob er Korn trägt, welches vorzüglicher iſt, als dasjenige, was ohne Beurbarung wachſen dürfte. Es iſt nothwendig für den Jäger, nicht nur daß er die Naturgeſchichte der wilden Thiere kenne, ſondern auch Verſuche anzuſtellen, durch welche Mittel ſie dahin gebracht werden können, in ſeine Netze zu fallen. Es iſt für den Fiſcher nothwendig, außerdem daß er die Mannichfaltigkeit der Fiſche bewundert, daß er im Stande ſey Erfindungen zu machen, ſie zu erhaſchen und in ſeinen Netzen zu fangen. In vielen andern Fällen iſt es für den Menſchen erforderlich, nicht nur dieſe Dinge zu betrachten, welche natürlicher Weiſe geſchehen, ſondern er wird auch genöthiget, ſelbſt Entwürfe zu machen, und auf Mittel zu denken, ſowohl Geiſt als Materie unter ganz fremde Umſtände zu ſetzen, als von Natur geſchehen dürfte, und ſo die Wirkungen davon zu betrachten: dies nennen wir Verſuche.

Beobachtung und Verſuche ſind alſo die Quellen aller Kenntniſſe des Menſchen.

Der Menſch ſcheint einen Grad von Stolz zu beſitzen, der ſeiner Natur eingepflanzt iſt, und der ihn immer geneigt macht, ſich als ein Weſen anzuſehen, was weit erhabner iſt, als es in der That der Fall iſt, ein Inſtinkt, welcher der ſicherſte Beweis iſt, daß er in der That ein ungleich höheres Weſen werden ſoll.

Allein da alle Kräfte des Menſchen mit entgegengeſetzten Unvollkommenheiten ins Gleichgewicht geſetzt worden, ſo hat jener Stolz die Wiſſenſchaft oft in Verwirrung gebracht, anſtatt ihre Fortſchritte zu befördern. Ein Verſuch, um zu beweiſen, daß etwas anders erklärt werden könne, iſt gänzlich überflüſſig,

und zwar nicht allein überflüſſig, ſondern auch trügeriſch.

Ein andrer Umſtand, welcher den phyſikaliſchen Nachforſchungen ſchadet, und ihre Fortſchritte hindert, iſt die Vernachläſſigung alter Grundſätze, ſobald als irgend neue angenommen werden, gleich als ob ihre Wirkſamkeit unmittelbar aufhörte, ſo wie diejenige alter Diener des Staats, wenn neue eingeſetzt werden. Wenn die Sätze ihrer Vorgänger nicht aus dem Geſichte verloren, oder vernachläſſiget würden, ſo würden ſie früher die Abſicht ihrer Nachforſchungen erreichen, als wenn ſie ſo eifrig auf ihre eigenen Entdeckungen denken, daß ſie dabei alle diejenigen Umſtände vernachläſſigen und verdrängen, die ehedem von ſo großer Wichtigkeit waren.

Daß Licht und Feuer weſentlich einerlei ſind, oder verſchiedene Modifikationen von einerlei Fluidum, ſieht man aus ihrem Wechſel, oder ihrer gegenſeitigen Umſchaffung in einander. Denn ſo wie Feuer nothwendigerweiſe Licht erzeugt, und ſolchergeſtalt ſich ſelbſt dem Sinne des Geſichts eben ſo untrüglich darbietet, als dem Gefühle, ſo giebt Licht, wenn es in einen Fokus geſammelt wird, reines Feuer. Licht und Wärme werden durch einerlei Geſetze fortgepflanzt; ſie wirken in geraden Linien; ſie verbreiten ſich aus einem Mittelpunkte außerhalb; ihre Kräfte nehmen nach ihren Entfernungen von dem Mittelpunkte ab, aus dem ſie hervorſtrahlten; ſie ſind endlich einerlei Geſetzen der Reflexion unterworfen.

Indeſſen ohnerachtet die Phänomene der Natur, welche dahin gehen, um außer Zweifel zu ſetzen, daß die Materie des gewöhnlichen Lichts oder Feuers die ganze Natur durchſtrömt, und alle Dinge erfüllt, beſonders zahlreich ſind, und jedem in die Augen fallen; ſo iſt doch alles als zufällig überſehen worden, was von keiner Fol-

gerung ſey, noch irgend etwas mit den verſchiedenen Eigenſchaften der Körper zu thun habe, ohnerachtet es bis in ihr Innerſtes eindringt.

Unſre Erdkugel ſcheint nichts mehr zu ſeyn, als eine Anſammlun von irdiſchen Materialien, die in den gränzenloſen Ocean des Sonnenfluidum gelegt ſind, um auf dieſem Schauplatz ſeine unerſchöpfliche Kraft und Thätigkeit zu entwickeln; die Maſſe iſt ſo eingerichtet, und von ihrem Urheber ſo geordnet, daß ſie ein Saamenbeet von Materialien wird, um von dem Lichte durchdrungen und belebt zu werden, von welchen Materialien denn Licht alle Formen ausziehen kann, und alle Kräfte in der Natur ſich entwickeln.

Ohne dieſes Princip würde alles, was wir Körper nennen, auf immer unthätig, leidend und ein unzuſammenhängender Kalk bleiben. Das Waſſer überzeugt vermöge ſeiner Durchſichtigkeit Ihre Sinne, daß Licht einen freien Zugang in und durch ſeine Subſtanz hat. Vermöge der Verflüchtigung des Waſſers iſt es gleichmäßig deutlich, daß Licht oder Feuer nicht nur Zugang in ſeine Zwiſchenräume hat, ſondern auch ſeine ähnlichen Elementar-Partikelchen durchdringt und einnimmt, ſo wie denn in der Bildung dieſer Partikelchen der Charakter des Waſſers beſteht. Die Partikelchen könnten nicht flüſſig gemacht werden, als allein durch innere Ausdehnung, ſo wie ſie nicht ausgedehnt werden könnten, als blos durch etwas, welches bis in ihre innerſten Theile reichte; ſie haben ihre Individualität als trennbare Elementar-Partikelchen ſowohl, als ihre Aehnlichkeit des Charakters durch das ätheriſche Princip erhalten, was ſie beſitzen. Wenn das natürliche Leben aller Dinge von der Thätigkeit abhängt, die ihnen von der Sonne mitgetheilt wird, iſt es denn nicht offenbar, daß es der nämliche Einfluß iſt, welcher dieſes Leben

in allen ſeinen ſpezifiſchen Charaktern in jedem Weſen zufolge ſeiner Art erſchaft und erhält?

Wenn man ſagt, daß die Sonne den Tag beherrſche, und daß ſie zu dieſer Abſicht erſchaffen ſey, was kann man wohl anders verſtehen, als daß ſie gleich einem Viceregenten handle, und die mechaniſche Kraft beſitze, Licht, Leben und Bewegung ſolchen Gegenſtänden zu geben, als angewieſen ſind, ihre Eindrücke anzunehmen? Die ganze Natur lebt aus neue auf, und erlangt ein neues Anſehen, wenn ſie ſich uns im Frühjahr nähert, und ſinkt in einen zeitlichen Schlaf, ſo wie ſie uns im Winter verläßt. Daß ſie auf eine mechaniſche Art wirkt, iſt gleichfalls offenbar, weil eine Kette von Materie durchaus von dem Wirkungsmittel bis zum Gegenſtande reicht — Ihre Kraft beſteht nicht in irgend einer immateriellen Eigenſchaft, weil ſie das nämliche geometriſche Geſetz bei der Zerſtreuung ihres Lichts beobachtet, ſo wie denn ihre Wirkſamkeit auf die Fruchtbarkeit der Erde am größten iſt, wenn der Winkel zwiſchen dem Horizonte und den Strahlen am größten iſt. Ein gutes Teleſkop wird Ihnen zeigen, welche Veränderungen in der Refraktion der Atmoſphäre erfolgen, und welch ein Tumult in der Luft von der Bewegung der Sonnenſtrahlen bei der Hitze des Mittags geſchieht. Der Himmel ſcheint dem unbewafneten Auge durchſichtig und ungetrübt, während dem ein Sturm ſich in der Luft vermöge des Stoßes des Lichts erhebt, der demjenigen ähnlich iſt, der in den Wäſſern der See durch die Ungeſtümheit des Windes erfolgt. Er wächſt mit der Höhe der Sonne, ſo wie aber der Abend kommt, ſo legt er ſich allmählich zur Ruhe.

Das Licht wird von den Chemiſten nicht mehr als eine blos ideale Subſtanz angeſehen; ſie erkennen ſeinen Einfluß auf viele ihrer Operationen, und da es viele ihrer

Reſultate modifizirt, ſo finden ſie es beſonders nothwendig, auf ſeine Wirkung Rückſicht zu nehmen.

Die Wirkungen des Lichts ſind in den Phänomenen der Natur auffallender, als bei den Verſuchen, die in einem Laboratorium geſchehen.

Licht iſt den Pflanzen ſchlechterdings erforderlich; ohne daſſelbe gedeiht keine Vegetation; dieſes Princips beraubt, werden ſie blaß, matt und ſterben ab. Man ſieht aus unbezweifelten Thatſachen, daß die Wurzel der am meiſten abwechſelnden Blumen, wenn ſie auch der äußern Luft unter einem gläſernen Gefäße ganz beraubt wird, doch, wenn ſie nur täglich dem Sonnenlichte ausgeſetzt wird, zu ihrer größten Vollkommenheit ſowohl in Rückſicht des Geruchs als der Farbe gelangen werde; allein wird der Proceß umgekehrt, und die Luft ohne Licht zugelaſſen, ſo kann zwar die Blume vielleicht ihre natürliche Größe erlangen, allein wir werden vergeblich diejenige ſchöne Mannichfaltigkeit des lebhaften Kolorits, und jenen ausgeſuchten Geruch ſuchen, den die Natur über jedes Individuum der Art verbreitet hat, wenn man zuläßt, daß ſie den Sonnenſtrahl einſaugen und ſich deſſen erfreuen können.

Das nämliche wird ferner durch eine Menge von Verſuchen von verſchiedenen franzöſiſchen Akademikern beſtätiget, wo man dem einen Theile der Pflanzen Licht gab, es aber von andern Theilen ausſchloß. Die unveränderliche Wirkung davon war, daß der der Sonne ausgeſetzte Theil von einem lebhaften Grün war, indeß derjenige, welcher im Schatten ſich befand, eine unangenehme blaſſe Farbe hatte; ſo mächtig ſind die Wirkungen des Sonnenlichts auf Vegetabilien, daß wenn ſie deſſen beraubt werden, ihr Geſchmack und andre ihrer natürlichen Eigenſchaften einer Veränderung unterworfen werden, daß

einige, die ihrer Natur nach giftig ſind, zu einem ſichern und heilſamen Nahrungsmittel werden. Ohne dem Einfluſſe des Lichts würden Vegetabilien von einer lebloſen Farbe ſeyn, und ihrer ſchönen Schattirungen durch die Unterbrechung des Fluidum des Lichts beraubt werden. Zufolge dieſer Principe werden Sellerie, Endivien und andre Pflanzen gebleicht.

Alle dieſe Umſtände zeigen offenbar, daß im Lichte etwas ſchlechterdings Nothwendiges für das vegetabiliſche Leben vorhanden iſt. Daher zeigen alle Pflanzen eine merkwürdige Empfindlichkeit für das Licht; ſie breiten ihre Blätter aus, und öfnen ihre Blumen der Sonne, ſchließen ſie aber ſogleich, ſobald als ſie verſchwindet. Verſchiedene genau angeſtellte Verſuche beweiſen, daß es nicht die Wärme ſondern das Licht der Sonne iſt, welches verurſacht, daß ſie ſich gegen dieſelbe wenden. Eine Pflanze in einem Zimmer, wo ein Feuer iſt, wendet ihre Blumen gegen das Licht, welches von der káltern Seite kommt.

Verſchiedene Verſuche zeigen, daß die Veränderung der Lage in den Blättern der Pflanzen unter verſchiedenen Perioden des Tags und der Nacht allein von der Wirkung des Lichts herrührt. Die obere Fläche der Blätter, von welcher man annimmt, daß ſie ihr Organ der Reſpiration ſey, ſcheint ſowohl Licht als auch Luft zu erfordern; denn Pflanzen, welche an Fenſtern an der innern Seite der Häuſer wachſen, ſind gewiſſermaßen bemühet, die obere Seite ihrer Blätter dem Lichte zuzukehren. Dieſes Wirkungsmittel iſt fein, wirkſam und durchdringend; vermöge der Kleinheit ſeiner Beſtandtheilchen iſt es im Stande, in alle Körper einzudringen, und vermöge ihrer Thätigkeit große Wirkungen und beträchtliche Veränderungen darin zu erzeugen.

Vegetabilien verdanken dem Lichte nicht nur ihre Farben, ſondern auch ihren Geruch, Geſchmack, Verbrennlichkeit, Reife und den reſinöſen Grundſtof, welche ebenfalls von dieſem Fluidum abhängen. Die aromatiſchen Subſtanzen, Reſinen und das flüchtige Oel ſind das Erbtheil der ſüdlichen Gegenden, wo das Licht reiner, beſtändiger und ſtärker iſt. Alle dieſe Umſtände, wie ſich hoffen läßt, treffen zuſammen, um Sie aufmerkſam auf die Natur und die Dienſte der Sonne zu machen. Die Sonne iſt die vereinigte Kraft des Feuers und des Lichts, und vermöge dieſer Kräfte erzeugt ſie aus der Erde eine ſchöne Mannichfaltigkeit des vegetabiliſchen Lebens, bekleidet ſie mit ihrem eigenen Glanze und Pracht, und macht ſie zu Beſitzern aller ihrer Farben, Kräfte und Tugenden.

Der Einfluß des Lichts offenbart ſich auch in andern animaliſchen Weſen: Würmer und Maden, welche in der Erde oder im Holze leben, ſind von einer weißlichen Farbe. Nachtvögel und fliegende Nachtinſekten unterſcheiden ſich gleichfalls von denjenigen des Tages durch den Mangel des Glanzes am Kolorit, welcher Unterſchied noch mehr zwiſchen demjenigen in nördlichen und ſüdlichen Gegenden bemerkt wird.

Eine ſehr auffallende Eigenſchaft des Lichts auf das vegetabiliſche Reich iſt, daß wenn Vegetabilien dem offnen Tagelichte oder den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt werden, ſie Lebensluft geben.

Es iſt bewieſen worden, daß die Sonne in Rückſicht dieſes Phänomens keineswegs als ein Körper wirke, welcher warm macht. Die Entwickelung der Luft geſchieht durch das Licht; reine Luft wird daher vermöge der Wirkung des Lichts getrennt, welche Wirkung um ſo größer iſt, je lebhafter das Licht iſt. Es ſcheint gewiſſermaßen, daß Licht das Geſchäfte der Dauung in der Pflanze beför-

dere, und daß die Lebensluft, welche einer der Grundſtoffe beinahe aller nährenden Säfte iſt, beſonders des Waſſers, entweicht, wenn ſie keine Subſtanz findet, um ſich damit in der Pflanze zu verbinden. Daher geben Pflanzen, deren Vegetation beſonders ſtark iſt, die größte Menge Luft.

Vermöge dieſes beſtändigen Ausſtrömens der Lebensluft, erſetzt der Urheber der Natur unaufhörlich den Verluſt derſelben, welcher durch Reſpiration, Verbrennung und Veränderung der Körper erfolgt, mit Inbegrif jeder Art von Fermentation und Putrefaktion: auf dieſe Art wird denn das Gleichgewichte jederzeit zwiſchen den Beſtandtheilen der Atmoſphäre unterhalten.

Scheele und Berthollet haben gezeigt, daß die Abweſenheit oder Gegenwart des Lichts erſtaunende Wirkungen auf das Reſultat chemiſcher Verſuche haben. Licht entwickelt Lebensluft von verſchiedenen Flüſſigkeiten als z. B. der Salpeterſäure, dephlogiſtiſirten Seeſalzſäure u. ſ. f. es reduzirt die Kalke von Gold und Silber u. ſ. f. es verändert nach Herrn Berthollet, die Natur der oxygeniſirten Muriaten. Herr Chaptal hat gezeigt, daß es die Phänomene der Vegetation beſtimmt, die durch ſaliniſche Solutionen geſchehen. Dieſe Umſtände beweiſen die Wichtigkeit des Lichts, und wie viel auf deſſen Wirkung in der Natur Rückſicht von jedem Phyſiker genommen werden müſſe. Wärme iſt nicht ſelten ein Geſellſchafter des Lichts, allein verſchiedene Phänomene, deren wir bereits erwähnet haben, laſſen ſich nicht blos von der Wärme herleiten; Wärme kann ſie in der That modifiziren, wo ſie gegenwärtig iſt, allein ſie iſt keinesweges die erzeugende Urſache.

Es giebt viele Beiſpiele, wo die Wirkung des Sonnenlichts zu der Vernichtung der Farben beiträgt, und

anſtatt Lebensluft zu geben, ſie fixirt und eine Art von Verbrennung erzeugt. Auf ähnliche Art wirkt auf den Phoſphorus, während dem er im Finſtern iſt, die oxigeniſirte muriatiſche Säure nicht, ſelbſt wenn man Wärme dabei anwendet, allein wenn die Wirkung des Lichts dazu kommt, ſo wird er in phoſphoriſche Säure verwandelt.

Eine Menge von Thatſachen zeigen, daß Lebensluft vermögend iſt, die färbende Materie, womit ſie ſich verbindet, weiß und bläſſer zu machen, vielleicht weil hier die Wirkungen einer leichten Verbrennung vorgegangen, ſo wie bei den Phoſphoren. Die Lebensluft hat beträchtlichen Einfluß auf die färbenden Partikelchen der Vegetabilien; dieſe befinden ſich beſonders in den Blättern, Blumen und der innern Rinde der Bäume, und erhalten nach und nach eine leichte Verbrennung: daher enthalten die meiſten Bäume blaß gefärbte Partikelchen.

Die Art, nach welcher die Sonne auf die Farben wirkt, kann man ſehen, wenn man die Erſcheinungen unterſucht, die ſich bei einer Auflöſung des grünen Theils der Vegetabilien in Alkohol zeigen.

Wenn eine ſolche Solution, die von einer ſchönen grünen Farbe iſt, dem Lichte der Sonne ausgeſetzt wird, ſo erlangt ſie bald ein olivenfarbnes Anſehen, und verliert ihre Farbe in wenig Minuten. Iſt das Licht ſchwach, ſo erfolgt die Wirkung langſamer, ſo wie denn bei vollkommner Finſterniß die Farbe ohne Veränderung bleibt, oder doch eine geraume Zeitlang ſteht.

Herr Berthollet ſtürzte über Queckſilber eine Flaſche, die halb voll von dieſer grünen Solution war; als die Farbe ſich zertheilt hatte, ſo fand man, daß das Queckſilber in der Flaſche geſtiegen, und daß folglich Lebens-

luft eingeſaugt war, indem ſich die Luft mit der färbenden Materie vereiniget; bei Abdampfung dieſer Flüſſigkeit wurde ihre Farbe unmittelbar dunkler gemacht, und wurde braun: der Ueberreſt war ſchwarz und in dem Zuſtande einer Holzkohle.

Das Licht ſchien daher ſeine Wirkung geleiſtet zu haben, indem es die Einſaugung der Lebensluft und das Verbrennen der färbenden Materie begünſtigte. Die Kennzeichen des Verbrennens ſind anfangs nicht deutlich, allein vermittelſt Wärme wird die Flüſſigkeit braun, und giebt ein ſchwarzes Reſiduum. Wenn das Gefäße, welches die Flüſſigkeit enthält, keine Lebensluft hat, ſo hat das Licht auch keine Wirkung auf die färbende Materie.

Die Wirkungen des Lichts auf die Farbe des Holzes ſind längſt bemerkt worden; es behält ſein natürliches Anſehen, ſo lange es im Finſtern erhalten wird, allein wird es dem Lichte ausgeſetzt, ſo wird es gelb, braun oder von andern Farben. Herr Senebier fand, daß die Veränderungen nach der Helligkeit des Lichts verhältnißmäßig wären, daß verſchiedene Umſchläge von Band erforderlich wären, um das Holz vollkommen zu ſichern, dahingegen ein einziges Blatt ſchwarzes Papier hinreichend ſey; daß aber, wenn das Papier von einer andern Farbe ſey, die Veränderung dadurch nicht abgehalten werde; eine einzige Bedeckung von weißem Papiere war unzureichend, dahingegen zwei derſelben die Wirkung des Lichts unterbrachen. Dieſe Bemerkungen ſind wichtig, indem ſie beweiſen, daß Licht durch Bedeckungen dringen könne, welche undurchſichtig zu ſeyn ſcheinen, und ſeine Kraft bis auf eine gewiſſe Entfernung innerhalb äußere.

Her Berthollet brachte die Tinktur der Sonnenwende in Berührung mit Lebensluft über Queckſilber; einen Theil davon brachte er ins Finſtere, den andern hingegen ſetzte er dem Lichte der Sonne aus: der erſtere blieb einen beträcht-

lichen Zeitraum unverändert und die Lebensluft wurde nicht vermindert; der andre Theil hingegen verlor viel an ſeiner Farbe, wurde roth und die Luft größtentheils eingeſogen, auch eine geringe Menge fixer Luft erzeugt, wodurch ohnſtreitig die Veränderung der Farbe aus Blau in Roth verurſacht worden war.

Dieſe Bemerkung kann uns Anleitung geben, einen Begrif von einigen der Veränderungen zu erlangen, welche von einer beſondern Einrichtung der Beſtandtheile vegetabiliſcher Subſtanzen erzeugt werden, wenn durch die Verbindung der Lebensluft ſie die Wirkungen eines leichten Verbrennens erleiden, wodurch eine Säure erzeugt wird, wie z. B. in den Blättern im Herbſte, welche roth werden, ehe ſie gelb werden, und in den Streifen an den Blumen, deren Vegetation langſam erfolgt.

Ich ſchließe dieſe Vorleſung mit der Bemerkung, daß ſchon den Alten ſehr viele der abgehandelten Gegenſtände bekannt waren, und daß die Neuern nur das Verdienſt ſich zueignen dürfen, ſie allgemeiner gemacht zu haben. Ihre Begriffe von Feuer und Licht, waren größtentheils richtig und die Reſultate ihrer Beobachtungen.

Zwei und zwanzigſte Vorleſung.

Von Teleſkopen.

In unſern letztern Vorleſungen habe ich mich bemühet, Ihnen einige der großen Entdeckungen des Sir Iſaak Newton zu erklären, der ſich in ſeiner Theorie von Licht und Farben eben ſo ſehr ſelbſt übertroffen hat, als er andre in ſeinen Principien weit zurückließ. Beide Werke ſind ein Beweis der Tiefe und Helle ſeines Verſtandes, ſeiner Einſichten, Verſuche gehörig anzuſtellen, und der Faſſungskraft ſeiner Seele. Indeſſen ſo weit als er auch in die verborgenen Geheimniſſe des Lichts eingedrungen iſt, ſo werden jedoch eben dieſe Vorleſungen ſie überführt haben, daß viele Erſcheinungen noch unerklärt, viele Schwierigkeiten noch unentdeckt da liegen; und daß die Beiſpiele nicht weniger zahlreich ſind, wo die innere Beſchaffenheit, die wahren Urſachen und Verkettungen der gewöhnlichſten Erſcheinungen über alle Faſſungskraft ſind.

Eitelkeit bei jedem Menſchen iſt Schwäche, allein gewiß ein eitler Phyſiker iſt der thörigtſte Mann, denn jede neue Entdeckung beweiſt ihm ſein Unvermögen; jede neue Wirkung, welche ans Licht gebracht wird, dient blos, ihn von unzähligen andern zu überführen, welche verborgen bleiben, und von denen er nicht einmal eine vorläufige Kenntniß hat: die Werke Gottes ſind zu groß, und von

einem für unſre Faſſungskraft zu großem Umfange. Es iſt ſo eine Ausgebreitheit der Macht, Weisheit und Güte in der Bildung der Welt, daß ſie zu groß für unſer Erreichen, zu erhaben für unſer Faſſen iſt. Macht, Weisheit und Güte offenbaren ſich uns in allen denjenigen Werken Gottes, welche wir ſehen; allein noch giebt es durch die ganze Unermeßlichkeit der Schöpfung Vorräthe, deren kein Theil gehörig verſtanden werden kann, ohne nicht auf das Ganze Bezug zu nehmen, welches aber über die Faſſung menſchlicher Kräfte iſt. Wem iſt die Wurzel der Weisheit offenbaret? oder wer hat ihre weiſen Maaßregeln eingeſehen? Es iſt ein Weiſer und Mächtiger, der zu fürchten iſt, der Herr, welcher auf ſeinem Throne ſitzt. Er ſchuf ſie, und ſah ſie, und zählte ſie, und verbreitete ſie über alle ſeine Werke.

Solche Betrachtungen fließen der Seele natürlicher Weiſe zu, wenn ſie die Entdeckung des Teleſkops bedenkt, und die Vortheile, welche von daher entſpringen; denn wer, wenn wir die Sache a priori nehmen wollen, könnte wohl darauf gefallen ſeyn, daß die Refraktion des Lichts im Glaſe, die nämliche Kraft, wodurch eine gerade Stange im Waſſer gebogen erſcheint, wodurch das Sehen verſchiedentlich verwirrt wird, und wodurch wir unzählbaren Täuſchungen ausgeſetzt werden, unter ſolche Umſtände gebracht werden könnte, die Gränzen des Sehens zu erweitern, und uns in Stand zu ſetzen, Gegenſtände zu unterſcheiden, die für das natürliche Sehen zu weit entfernt liegen. Und doch ſind die Kräfte, mit denen Kenntniſſe uns bereichert haben, ſo beſchaffen, daß durch Gläſer, wenn ſie gehörig gegen einander geſetzt und eingerichtet werden, wir gewiſſermaßen den Raum ins enge ziehen, und in unſern Geſichtskreis die größern Gegenſtände des Univerſum bringen, wodurch wir in Stand geſetzt werden, unſre Nachfor-

ſchungen ſelbſt über die Gränzen des Sonnenſyſtems aus-zubreiten *).

Wenn Plinius in Rückſicht des Hipparchus ſagen konnte, daß er kühn genug geweſen, den Nachkommen die Sterne aufzuzählen, was würde dieſer Geſchichtſchreiber der Natur nicht geſagt haben, wenn man ihm vorherge-ſagt hätte, daß in unſern Tagen ein Mann aufſtehen würde, welcher die Nachkommen in Stand ſetzen dürfte, noch mehr neue Sterne aufzuzählen, als Hipparch unter den alten gezählt hatte; der dem Jupiter vier Monde ge-ben würde, und in unſerm eignen Monde höhere Gebirge beſtimmte, als ſich auf unſrer Erde befinden; der in der Sonne, der Quelle des Lichts, dunkle Flecke entdecken würde, die ſo breit wären als zwei Viertheile der Erde betragen, und der eben durch dieſe Flecke ihre Bewegung um ihre Axe beſtimmen würde; der vermöge der Verände-rung der Phaſen der Planeten den kürzeſten und deutlich-ſten Beweis des Sonnenſyſtems bezeichnen würde? und doch war alles dieſes nur ein Theil der Vorausbeſtim-mungen einer einzigen Perſon, des unſterblichen Ga-liläi. Ihm ſchreibt ſein Zeitgenoſſe und Miteiferer am Ruhme, Lord Bacon, die Erfindung der Perſpicillen (ſo nannte man anfangs die Teleſkope) zu, wegen welcher er ſich feierlich ſelbſt alſo ausdrückt: „Mit dieſen (Perſpicillen), die Galiläi durch bemerkenswerthe Anſtrengung des Geiſtes erfunden hat, werden wir in Stand geſetzt, gleichſam wie in ſegelnden Schiffen, nä-here Gemeinſchaft mit den Sternen zu unterhalten."

*) Man vergleiche hiermit, was Dr. Herſchel in ſeinen Be-merkungen über das Univerſum von der Weite ſagt, die er mit ſeinem Teleſkope überſieht. G.

Mit dieſen Bereicherungen des Galiläi hörte indeſſen die nähere Gemeinſchaft mit dem Himmel keinesweges auf, ſondern hat ſich ſeit dieſer Zeit noch mehr erweitert, als dieſer große Mann zuerſt ſeine Gläſer gegen den Himmel richtete. In unſern Tagen hat die Thätigkeit und der philoſophiſche Enthuſiasmus des Herſchel die Gränzen der aſtronomiſchen Kenntniſſe beſonders erweitert, indem er unſerm Syſteme einen neuen Planeten gegeben; der Himmel hat ſich gleichſam unter ſeinem Auge erweitert; und 44000 Sterne, welche in einem Raume von einigen Graden erſcheinen, ſcheinen anzuzeigen, daß 75 Millionen in dem Raume zu berechnen ſind, den der Menſch überſehen kann.

Was zu unſerm animaliſchen Leben gehört, hat der gütige Schöpfer der Natur allen Menſchen bekannt gemacht. Indeſſen giebt es viele wichtige Geheimniſſe in der Natur, deren Entdeckung die Kräfte des Menſchen erhöhet, und ihn emporſchwinget; ſie ſind der Entdekkung vermöge der Anwendung unſrer Vernunftkräfte überlaſſen, ſie liegen verborgen, nicht daß ſie auf immer der menſchlichen Kenntniß unenthüllt liegen ſollen, ſondern daß wir ihnen nachforſchen: dies iſt das eigentliche Geſchäfte des Phyſikers, und der Ruhm des Menſchen, die Belohnung ſeiner Mühe, das zu entdecken, was ſolchergeſtalt verborgen lag.

So ſind bei unſern gegenwärtigen Unterſuchungen, unſre Augen nicht vermögend Gegenſtände zu unterſcheiden, die entweder ſehr klein, oder ſehr entfernt ſind; allein der Schöpfer hat der Materie Eigenſchaften mitgetheilt, wodurch ſie uns dieſe Vortheile verſchaffen kann: er erhob den Verſtand von einem Grade der Kenntniß zum andern, bis er vermögend ward, dieſe Beihülfe für unſer Geſicht zu entdecken. Der nämlichen Kraft, welche die Gegenſtände unſrer Bewunderung ſchuf, müſſen wir doch end-

lich die Mittel ihrer Entdeckung zuſchreiben; ſo wie alles, was wir durch dieſe Mittel ausfindig machen, eine neue Quelle des Preiſes deſſen wird, von dem wir jeden Segen empfangen.

Die außerordentlich großen Vortheile des Teleſkops haben die erſte Entdeckung deſſelben zu einem beſonders intereſſanten Gegenſtande der Unterſuchung gemacht; indeſſen iſt keine Nachforſchung vermögend geweſen, weder die eigentliche Periode ausfindig zu machen, wenn es zuerſt entdeckt worden, noch wer der Erfinder geweſen. Es iſt von einigen, und nicht ganz ohne Wahrſcheinlichkeit, dem berühmten Mönche, Roger Bacon vor dem Jahre 1300 zugeſchrieben worden, daher es mir der Mühe werth ſcheint, ſeine eigenen Worte anzuführen. „Linſen und Spiegel können eine ſolche Geſtalt erlangen, daß ein Gegenſtand in viele vervielfacht werden kann; daß ſolche, welche unter einer großen Entfernung liegen, dahin gebracht werden können, daß ſie ſehr nahe zu ſeyn ſcheinen; daß ſolche, welche klein ſind, als groß erſcheinen, ſo wie diejenigen, welche dunkel ſind, deutlich werden; auch können wir veranſtalten, daß Sterne erſcheinen, wo wir wollen.“ Dieſe und andre Worte dieſes Schriftſtellers ſcheinen anzuzeigen, daß er mit der Beſchaffenheit, der Einrichtung und der Anwendung der Teleſkope und aller Gläſer, woraus ſie beſtehen, vollkommen bekannt geweſen; indeſſen haben verſchiedene neue Kritiker in der Wiſſenſchaft ihm nicht nur die Erfindung abgeſtritten, ſondern auch ſelbſt die Kenntniß einer ſolchen Bauart, als wir gegenwärtig unter Teleſkopen verſtehen, ob er ſchon der Refraktionen der Sonnenſtrahlen durch eine Glaskugel erwähnet; da er aber nicht eigentlich ſagt, daß er je einen Gegenſtand durch eine ſolche Kugel geſehen, ſo glaubt Dr. Smith, daß er keine Kenntniß von ihrer vergrößernden Kraft gehabt habe. Auf gleiche Art, hätte Seneka ſeine

mit Waſſer gefüllte Glaskugel blos als ein Brennglas beſchrieben, dürfte dies uns verleitet haben, zu folgern, daß er nichts von ihrer Anwendung zu Vergrößerung der Buchſtaben gewußt habe; allein er iſt der Folgerung zuvorgekommen, indem er ganz das Gegentheil erklärt. Er konnte mehr wiſſen, als davon geſagt wird; ſo wie die Mathematiker und Glasarbeiter in jenen Tagen mehr Kenntniſſe haben konnten als er. Zufolge den vorhergehenden und andern Ausdrücken unſers Landsmannes, des Mönchs Bacon, iſt alſo wenig Zweifel übrig, daß er nicht nur die Brillen ſondern auch die Teleſkope gekannt habe.

Der Mönch Bacon, ſagt Herr William Jones, kann als der erſte unter den Engliſchen Phyſikern angeſehen werden; ſeine tiefen Kenntniſſe in der Mechanik, Optik, Aſtronomie und Chemie, würden ihn ſelbſt in unſern Tagen zu einer wichtigen Perſon machen; allein er iſt zu größerem Ruhme berechtiget, da er alle ſeine Studien der Theologie unterwarf, und alle ſeine Schriften, ſo weit als er vermögend war, zur Ehre Gottes einrichtete. Er hatte die höchſte Achtung für die heiligen Schriften, und war vollkommen überzeugt, daß ſie die Grundſätze aller wahren Kenntniſſe enthielten. Er betrachtete mit völliger Freiheit alle Dinge, hieng nicht knechtiſch an irgend einem Gegenſtande, ſondern bediente ſich aller Kenntniſſe, die er wußte, jeder andern aufzuhelfen. Es iſt unbillig, wenn wir von der Phyſik als von einer Sache reden, die erſt in dem vergangenen Jahrhunderte bekannt geworden, da doch in der That derjenige, der weiter nichts wüßte, als was er aus den Werken des Mönchs Bacon gelernt, ſchon eine wichtige Perſon ſeyn würde, und zu keinem geringen Grade unter den Gelehrten des gegenwärtigen Zeitalters berechtiget ſein dürfte. Er würde als Mathematiker, Experimentaliſt, Phyſiker, Chemiſt, Künſtler, Aſtronom, Philoſoph und Theologe berühmt ſeyn.

Männer von vielen Kenntniſſen ſind in ihren Meinungen in Rückſicht der optiſchen Kenntniſſe der Alten getheilt; einige ſind ſo voll von Bewunderung der Entdekkungen, welche in dem letztern und im gegenwärtigen Jahrhunderte geſchehen ſind, daß ſie in Verſuchung gerathen ſind, von den Alten gar nichts zu erwähnen, ehe ſie noch wiſſen, was die Alten in Rückſicht ihrer geſagt haben. Zwar führt man an, daß wenn dioptriſche Gläſer bei den Alten in Gebrauch geweſen wären, es dann ſehr befremdend wäre, daß ihrer nicht in ihren Schriften Erwähnung geſchehen ſeyn ſollte. Dies läßt ſich nun freilich ſchwer berichtigen, allein unſicher bleibt es immer, einen poſitiven Schluß von einer negativen Wahrſcheinlichkeit zu machen. Die Nachrichten, welche wir von den alten Werken der Kunſt beſitzen, ſind abgebrochene Ueberreſte, die uns von dem Zahne der Zeit hinterlaſſen worden, wozu noch die Schwierigkeiten der Sprache, das auf einander folgende Intereſſe der verſchiedenen Sekten der Philoſophen, die Barbarei der folgenden Jahre kommen; es iſt daher ſehr ſchwer, gegenwärtig einen hinreichenden Beweis davon zu haben.

Schließen wir durch Folgerung, ſo dürfte indeſſen der Fall ganz anders ſeyn. In den Kabineten verſchiedener Perſonen finden ſich ſehr alte Gemmen von bewundernswürdiger Arbeit, auf denen die Figuren ſo klein ſind, daß ſie nur durch ein Vergrößerungsglas ſchön erſcheinen, indeß ſie für das Auge verwirrt und undeutlich ſind; da ſie nun kaum geſehen werden können, wie war es möglich, ſie ohne Beihülfe der Gläſer zu bearbeiten? Wie konnte man wiſſen, daß der Mond eine Form gleich der Erde habe; daß ſich Flächen, Berge und Thäler auf demſelben befänden? Wenn er durch ein Teleſkop betrachtet wird, ſo macht die Lage des Lichts und des Schattens dieſes deutlich, und es ſtimmt alles mit den gewöhnlichen

Regeln der Perſpektive überein, indeß dem unbewafneten Auge nichts von allen dem bekannt iſt. Wie konnte man wiſſen, daß die Milchſtraße aus den vereinigten Strahlen einer unendlichen Menge kleiner Sterne entſtehe? Und wie konnte beſonders behauptet werden, daß die Sphäre der Fixſterne ſo unendlich groß ſey, daß der Kreis der jährlichen Bahn der Erde kein größeres Verhältniß dagegen habe, als der Mittelpunkt irgend einer Sphäre zu ſeiner ganzen Oberfläche hat? Dieſe Entdeckung überſteigt das Faſſungsvermögen der menſchlichen Seele ſo weit, daß ſie nach Wiederherſtellung des Pythagoriſchen Syſtems nicht eher behauptet wurde, als bis Dr. Bradley zufolge der genaueſten Beobachtungen, die je mit einem teleſkopiſchen Apparate unternommen worden ſind, die jährliche Parallaxe der Fixſterne zu einer unmerkbaren Größe herabſetzte.

Wenn wir die Alten verlaſſen, und zu den Neuern übergehen, ſo finden wir auch hier die Zeit der Erfindung und den Namen des Erfinders noch in Dunkelheit und Ungewißheit begraben. Von einigen wird es einem Jakob Moetius, einem Holländer, von andern einem Johann Lepperskeim von Middelburg zugeſchrieben: Borellus indeſſen eignet nach einer umſtändlichen und ſcheinbar richtigen authentiſchen Nachricht die Erfindung dem Zacharias Janſon von Middelburg, ohngefähr ums Jahr 1590 zu. Janſon war ein fleißiger Beobachter der Natur, der als er in dieſen Nachforſchungen begriffen war, und verſuchte, welche Vortheile von der Verbindung von Linſen erhalten werden dürften, glücklicherweiſe das Teleſkop entdeckte.

Die wunderbaren Wirkungen dieſes Inſtruments drangen bald bis zum Galiläi, der endlich ſelbſt zu arbeiten anfieng, und ſo ein Inſtrument erfand, welches der

nämlichen Abſicht entſprach. Da dieſer Gegenſtand ſo beſonders wichtig iſt, ſo hoffe ich, daß Ihnen ſeine eigne Nachricht davon nicht unwillkommen ſeyn dürfte, wie er ſie in einem Buche unter dem Titel: Nuncius Sidereus im März 1610 bekannt gemacht hat. „Ohngefähr vor zehn Monaten, ſagt er, erzählte man, daß ein gewiſſer Holländer ein Perſpektiv gemacht habe, wodurch ſehr entfernte Gegenſtände ſo deutlich erſchienen, als ob ſie nahe wären; man erzählte verſchiedene der Wirkungen dieſes wunderbaren Inſtruments, welche einige glaubten, andre hingegen läugneten; allein nachdem ſie mir einige Tage darauf durch einen Brief von Herrn John Badoverie zu Paris beſtätiget wurden, ſo ſetzte ich mich jetzt hin, den Grund davon zu entdecken, und auf welche Weiſe ich vielleicht ein ähnliches Inſtrument erfinden dürfte, was ich auch nachher vermöge der Lehre der Refraktion zuwege brachte; zuerſt machte ich mir ein Rohr von Blei, an deſſen Ende ich zwei Brillengläſer anbrachte, welche beide auf einer Seite plan waren, auf der andern Seite hingegen war eins derſelben ſphäriſch konvex und das andre konkav. Ich ſahe hierdurch Gegenſtände ſehr groß und ſehr nahe; ſie erſchienen um dreimal näher, und um neunmal größer auf ihrer Oberfläche als mit unbewafnetem Auge; bald nachher machte ich ein andres, welches die Gegenſtände über 60mal größer darſtellte; und endlich, nachdem ich keine Unkoſten und Arbeit geſparet hatte, machte ich ein ſo vortrefliches Inſtrument, welches die Gegenſtände beinahe 400mal vergrößerte, und über 30mal näher brachte, als ſie dem unbewafneten Auge erſchienen.“

Wenn der wahre Erfinder derjenige iſt, welcher Entdeckungen durch Schlüſſe a priori macht, und ſolchergeſtalt von bereits errichteten Grundſätzen auf ihre Folgen herabgeht, ſo kann man den Galiläi als den eigentlichen Erfinder des Teleſkops anſehen; allein die Anwendung,

die er davon machte, brachte ihm mehr Ehre, als die Erfindung ſelbſt: das Inſtrument war anfangs in Holland ein bloßer Artikel der Neugierde, keinesweges ein wiſſenſchaftliches Inſtrument; er hingegen fand ſich hinreichend belohnt, daß er über die Schwierigkeit des Gegenſtands ſiegte, und dadurch neue Entdeckungen machte, die das Reich der Vernunft ſo ſtark vergrößerten.

Von refraktirenden Teleſkopen.

Unter einem Teleſkope verſteht man allgemein ein Inſtrument, welches das Anſehen entfernter Gegenſtände vollkommner macht; oder in mehr allgemeinen Worten, welches entfernte Gegenſtände unter einem größern Winkel zeigt, als derjenige iſt, unter welchem ſie dem bloßen Auge erſcheinen.

Wenn der Abſtand des Gegenſtands ſehr beträchtlich iſt, ſo können alle Wirkungen auf einerlei Abſtand gezogen werden, und man kann ſagen, ein Teleſkop vergrößere einen Gegenſtand genau ſo vielmal, als der Winkel, unter welchem es ihn darſtellt, größer iſt, als derjenige, unter welchem er mit bloßen Augen geſehen wird. So erſcheint der Mond dem unbewafneten Auge unter einem Winkel von ohngefähr einem halben Grade, folglich vergrößert ein Teleſkop 100mal, wenn es den Mond unter einem Winkel von 50 Grad darſtellt; wenn es 200mal vergrößert, ſo würde es den Mond unter einem Winkel von 100 Grad vorſtellen, und der Mond müßte das Anſehen haben, als ob er mehr als die Hälfte des ſichtbaren Himmels einnähme, deſſen ganze Fläche blos 180 Grad beträgt.

Es iſt ein gewöhnlicher Ausdruck, daß Teleſkope die Gegenſtände näher bringen; allein dieſer Ausdruck iſt un-

beſtimmt, denn er läßt zweierlei verſchiedene Bedeutungen zu. Die eine iſt nämlich, daß wenn wir durch ein Teleſkop ſehen, wir einen Gegenſtand uns um ſo viel näher ſchäz-zen, als er durch das Teleſkop vergrößert wird. Allein ich habe Ihnen bereits gezeigt, daß wir keine gewiſſe Beſtimmung über die Entfernung eines Gegenſtands durch unſer Urtheil machen können, und daß unſre Schätzung uns hierin hintergehe, wenn die Gegenſtände außerhalb einer gewiſſen Entfernung ſich befinden; da wir nun in dieſem Falle noch überdies alle diejenigen Gegenſtände zur Vergleichung verlieren, worauf wir unſer Urtheil bauen, ſo werden wir uns um ſo mehr hintergehen. Die andre Bedeutung, die wir dieſem Ausdrucke beilegen, iſt, daß das Teleſkop die Gegenſtände ſo groß darſtelle, als ſie erſcheinen würden, wenn wir ihnen um ſo viel näher wären: dieſe letztere Beſtimmung iſt der Wahrheit angemeſſener als die erſte, denn Sie wiſſen, daß je näher wir einem Gegenſtande ſind, um deſto größer der Geſichtswinkel iſt. Wenn Sie indeſſen nach einem bekannten Gegenſtande ſehen, z. B. nach einem Menſchen, unter einer großen Entfernung, und er wird unter einem größern Winkel geſehen, ſo werden wir veranlaßt, zu glauben, daß er um ſo viel näher ſey, als er wirklich unter dieſem größern Winkel erſcheinen würde; allein in Rückſicht weniger bekannter Gegenſtände z. B. der Sonne und des Monds, kann keine Folgerung in Rückſicht ihrer Entfernung angeſtellt werden.

Eine vorzügliche Abſicht der Teleſkope iſt, den Winkel zu vermehren und zu vergrößern, unter welchem Gegenſtände dem bloßen Auge erſcheinen, wo ſie denn auch zufolge dieſer Wirkung geſchätzt werden, und man ſagt, daß ſie 5, 10, oder mehreremale vergrößern, je nachdem das Teleſkop beſchaffen und eingerichtet iſt.

Das Diagramm Taf. VI. Fig. 13* ſtellt ein kleines Galiläiſches Fernrohr vor: die konvexe Linſe PP iſt gegen den Gegenſtand gerichtet, das konkave Glas QQ wird ans Auge gelegt; in dieſer Rückſicht wird denn das dem Auge zugekehrte Glas das Augenglas, und dasjenige gegen den Gegenſtand gerichtete, das Objektglas genannt. Dieſe Gläſer werden an einerlei Axe AB gelegt, die durch den Mittelpunkt der Gläſer geht, und gegen welche ſie ſenkrecht ſtehen. Der Fokalabſtand oder der Fokus des Objektglaſes muß etwas länger ſeyn, als derjenige des konkaven Glaſes, und die Linſen müſſen ſolchergeſtalt eingerichtet werden, daß wenn AF der Fokalabſtand der konvexen Linſe PAP iſt, der Fokalpunkt des konkaven Glaſes auf den nämlichen Punkt F treffe. Es iſt alſo auf dieſe Art der Zwiſchenraum AB zwiſchen den zwei Gläſern die Differenz zwiſchen ihren Brennpunkten, indem AF der Fokalabſtand des Objektglaſes, und BF derjenige des Augenglaſes iſt. Wenn die Gläſer ſolchergeſtalt gelegt werden, ſo wird ein gewöhnliches Auge entfernte Gegenſtände deutlich ſehen, und ſie werden in dem nämlichen Verhältniſſe vergrößern, als die Linie AF größer iſt, als die Linie BF. Wenn man nun ſolchergeſtalt annimmt, daß der Fokus des Objektglaſes 6 Zoll, und derjenige des Augenglaſes 1 Zoll ſey, ſo wird der Zwiſchenraum 5 Zoll betragen; die Länge des Teleſkops und die Objekte werden ſechsmal vergrößert, d. i. ſie werden unter einem Winkel erſcheinen, welcher ſechsmal größer iſt, als unter welchem ſie dem bloßen Auge erſcheinen.

Nachdem ich Ihnen nun die Art erklärt habe, nach welcher die Gläſer geordnet werden, um die verlangte Wirkung hervorzubringen, ſo iſt nunmehr noch übrig, Ihnen zu zeigen, warum ſie die Objekte deutlich darſtellen, und warum dieſe ſo viele male vergrößert werden, als die Linie AF größer iſt als diejenige BF. Was das erſte

betrift, ſo muß ich ſie deſſen erinnern, was bereits angeführt worden iſt, daß wir nämlich Gegenſtände am beſten ſehen, wenn die Strahlen, welche von ihnen ausfahren, und auf das Auge fallen, beinahe parallel gegeneinander ſind.

Nach dieſer Bemerkung wollen wir jetzt ein andres Diagramm unterſuchen. Es ſey V Taf. VI. Fig. 14. ein Punkt in dem Gegenſtande, gegen welchen das Teleſkop gerichtet wird, und da wir annehmen, daß er ſehr entfernt iſt, ſo können die Strahlen, welche davon ausfahren, als parallel gegen einander angeſehen werden; diejenigen alſo, welche auf das Objektglas QAQ fallen, werden in ihrem Fokus F vereiniget werden, und da ſie hier konvergiren, ſo ſind ſie nicht im Stande, ein deutliches Sehen für ein gewöhnliches Auge zu erzeugen. Da es nun aber den konkaven Gläſern eigen iſt, die Strahlen mehr divergirend zu machen, oder ihre Konvergenz zu vermindern, ſo wird es die Strahlen QR, QR refraktiren, ſo daß ſie parallel zu einander werden, und daß anſtatt ſich in E zu vereinigen, ſie in der Richtung RS, RS parallel mit der Axe ARF fortfahren werden, und ſolchergeſtalt das Teleſkop vermögend ſeyn wird, ein deutliches Sehen zu bewirken.

Ich habe Ihnen nunmehr die eigentliche und vornehmſte Wirkung der Teleſkope zu erklären, d. i. ihre vergrößernde Kraft; ein Gegenſtand, den ich hoffe Ihnen ſo deutlich zu machen, daß Ihnen keine Zweifel mehr übrig bleiben werden.

1) Es ſey Ee Taf. VII. Fig. 3. der Gegenſtand, welcher in der Axe des Teleſkops liegt, die durch den Mittelpunkt der zwei Linſen geht. Ee iſt anzuſehen, als ob es ſich in einer unendlichen Entfernung befinde.

2) Wenn das Auge bei A iſt, und nach dieſem Gegenſtande ſieht, ſo wird es ihn unter dem Winkel Ee, welcher der Geſichtswinkel genennt wird, ſehen. Was wir alſo zu beweiſen haben, iſt, daß ſo wie wir durch das Teleſkop ſehen, er unter einem um ſo viel gröſſern Winkel als dieſer erſcheinen wird, als der Fokalabſtand des Objektglaſes denjenigen des Augenglaſes übertrift.

3) Da die Wirkung aller Gläſer darin beſteht, den Gegenſtand an einem andern Orte und zugleich von einer gewiſſen Größe darzuſtellen, ſo iſt alles, was wir zu thun haben, daß wir die verſchiedenen Bilder unterſuchen, deren letztes der Gegenſtand unmittelbar macht, der vermittelſt des Teleſkops betrachtet wird.

4) Da nun der Gegenſtand Ee unter einer unendlichen Entfernung von der konvexen Linſe PAP iſt, ſo wird ſein Bild hinter dem Glaſe bei Ff vorgeſtellt werden, und AF wird der Fokalabſtand dieſes Glaſes ſeyn; die Größe dieſes Bildes Ff wird durch eine gerade Linie von dem Ende e des Gegenſtands durch A, den Mittelpunkt der Linſe geſehen; folglich wird dieſes Bild umgekehrt, und um ſo viel kleiner als der Gegenſtand ſeyn, als der Abſtand AF kleiner iſt als der Abſtand AE.

5) Nun muß dieſes Bild Ff als der Gegenſtand in Rückſicht des Augenglaſes QBQ angeſehen werden, da die Strahlen, welche auf dieſes Glas fallen, diejenigen ſind, welche das Bild Ff machen würden, nur daß ſie auf ihrem Wege von dem konkaven Glaſe QBQ unterbrochen werden; ſo daß obſchon das Bild blos eingebildet iſt, die Wirkung doch die nämliche bleibt, als ob es das wirkliche wäre.

6) Das Bild Ff, welches wir jetzt als einen Gegenſtand betrachten können, da es in dem Fokalabſtande der Linſe QBQ ſich befindet, wird zu einer unendlichen

Entfernung durch die Refraktion des Glaſes gebracht. Dieſes neue Bild iſt in der Vorſtellung durch Gg bezeichnet, wovon der Abſtand AG als unendlich angeſehen werden muß; ſo wie denn die Strahlen, indem ſie zum zweitenmale durch das Glas QBQ refraktirt werden, in der nämlichen Richtung fortfahren werden, als ob ſie von dem Bilde Gg kämen.

7) Da dieſes zweite Bild Gg, der Gegenſtand iſt, welcher von demjenigen geſehen wird, der durch das Teleſkop ſieht, ſo müſſen wir deſſen Größe betrachten. Da ſie nun von dem erſten Bilde Ff, und der Refraktion des Glaſes QBQ entſteht, ſo ziehe man zufolge der allgemeinen Regel von B, der Mitte des konkaven Glaſes, eine Linie, die durch f, das Ende des erſten Bildes geht, wo ſie denn bei g das Ende des zweiten Bildes bemerken wird.

8) Da nun der Zuſchauer ſein Auge an B legt, und die Strahlen, welche auf ſein Auge fallen, aufgenommen werden, als ob ſie von dem Bilde Gg kämen, ſo wird es unter dem Winkel GBg offenbar größer erſcheinen, als unter dem Winkel EAe, unter welchem der Gegenſtand Ee erſcheint.

9) Um dieſe Winkel zu vergleichen, muß ich noch erinnern, daß der Winkel EAe gleich dem Winkel FAf, und der Winkel GBg, gleich dem Winkel FBf iſt. Ich habe daher nunmehr blos zu beweiſen, daß der Winkel FBf um ſo viel größer iſt als der Winkel FAf, als die Linie AF größer iſt als die Linie BF.

10) Um dieſes zu beweiſen, müſſen wir auf gewiſſe Sätze aus der Geometrie in Rückſicht der Beſchaffenheit der Sektoren zurückgehen. Sie erinnern ſich wahrſcheinlich, daß ein Sektor ein Bogen eines Kreiſes iſt, welcher ſich zwiſchen zwei Halbmeſſern befindet; ſo iſt CMN

Taf. VI. Fig. 4. ein Sektor eines Kreiſes; CM, CN ſind die zwei Halbmeſſer; MN der Bogen oder der Theil des Umkreiſes. Man hat daher dreierlei bei einem Sektor zu bemerken: 1) den Radius des Kreiſes als CM, CN, 2) die Größe des Bogens MN, 3) den Winkel MCN.

11) Wir wollen jetzt die zwei Sektoren MCN und mcn Taf. VI. Fig. 4. betrachten, von denen die Halbmeſſer Cm und cm gleich ſind. Die Geometrie zeigt, daß in dieſem Falle die Winkel C und c ſich verhalten wie die Bogen MN und mn, oder mit andern Worten, daß der Winkel C um ſo vielmal größer iſt als der Winkel c, als der Bogen MN größer iſt als der Bogen mn; oder in noch allgemeinern Ausdrücken, wenn die Halbmeſſer gleich ſind, ſo verhalten ſich die Winkel wie ihre jedesmaligen Bogen.

12) In den zwei Sektoren MCN und mcn Taf. VI. Fig. 5. ſind die Winkel gleich, die Halbmeſſer aber ungleich. Vermöge der Geometrie finden wir in dieſem Falle, daß der Bogen MN um ſo vielmal größer iſt als der Bogen mn, als der Radius CM größer iſt als cm; oder daß die Bögen den reſpektiven Halbmeſſern verhältnißmäßig ſind, wenn die Winkel gleich ſind. Die Urſache iſt offenbar, denn jeder Bogen enthält einerlei Anzahl von Graden; allein die Grade eines großen Bogens ſind um ſo viel größer, als diejenigen eines kleinern, als der längere Halbmeſſer größer iſt als der kürzere.

13) In den zwei Sektoren MCN und mcn Taf. VI. Fig. 6. ſind die Bögen gleich, die Halbmeſſer aber ungleich. Hier iſt der Winkel C, welcher dem längſten Halbmeſſer entſpricht, am kleinſten, und zwar in dem nämlichen Verhältniſſe als die Halbmeſſer; oder der Winkel c iſt um ſo vielmal größer als der Winkel C, als der Halbmeſſer CM größer iſt, als der Halbmeſſer cm; oder

in allgemeinern Ausdrücken, die Winkel ſind wechſelſeitig den Halbmeſſern proportional, wenn die Bögen gleich ſind.

14) Der letzte Satz gehört mehr unmittelbarer Weiſe zu unſrer Abſicht, wobei ich noch bemerke, daß wenn die Winkel ſehr klein ſind, (wie in dem Falle bei kleinen Galiläiſchen Teleſkopen) die Bögen MN und mn nicht merklich von ihren Chorden oder den geraden Linien MN und mn verſchieden ſind.

15). Wir können nunmehr zu dem erſtern Diagramm wieder zurückgehen. Die Dreiecke FAf und FBf können als Sektoren angeſehen werden, und der Bogen Ff als beiden gemeinſchaftlich, folglich übertrift der Winkel FBf den Winkel FAf um ſo viel, als der Abſtand AF größer iſt, als derjenige BF; oder der Gegenſtand Ee wird in dem Teleſkope unter einem um ſo viel größern Winkel erſcheinen, als derjenige, unter welchem er dem bloßen Auge erſcheint, als der Fokalabſtand des Objektglaſes denjenigen des Auges überſteigt; welches war, was ich Ihnen beweiſen mußte.

Sie werden leicht nach dem, was ich erwähnet habe, ſehen, daß ſehr große Vortheile von einem Teleſkope nicht erwartet werden können, welches nach dieſem Plane errichtet worden; denn um irgend eine beträchtliche vergrößernde Kraft zu erhalten, müſſen wir es ſehr lang machen, ein Umſtand, der es für den Gebrauch ſehr unbequem machen würde. Außerdem finden ſich dabei verſchiedene andre minder vortheilhafte Umſtände, unter denen das geringe Geſichtsfeld der vornehmſte iſt

Dies verleitet uns denn natürlicher Weiſei, die Beſchaffenheit des Geſichtsfeldes näher zu unterſuchen, welches bei allen Teleſkopen von beſonders großer Wichtigkeit iſt. Wenn Sie ein Teleſkop gegen den Himmel oder gegen irgend einen andern Gegenſtand richten, ſo

erſcheint der ſichtbare Raum unter einer kreisförmigrn Geſtalt, und es werden keine andre Gegenſtände geſehen, als welche ſich innerhalb dieſem Kreiſe befinden; ſo daß wenn Sie nach andern Gegenſtänden ſehen wollen, Sie die Lage des Teleſkops verändern müſſen; dieſer kreisförmige Raum heißt das Geſichtsfeld. Sie werden daher leicht einſehen, daß es von großen Vortheilen ſeyn müſſe, ein Teleſkop von einem großen Geſichtsfelde zu haben, und daß ein kleines ſolches Feld als ein Fehler angeſehen werden könne.

Da ein großes Feld immer eine große Vollkommenheit bei einem Teleſkope iſt, ſo iſt es oft erforderlich das Feld zu meſſen: dies erhält man allgemein, wenn man die Anzahl der Grade mißt, die in dem Raume enthalten ſind, der von dem Teleſkope eingenommen wird, wenn man es gegen den Himmel, oder gegen irgend einen andern ſehr entfernten Gegenſtand richtet. Da nun alſo der ſcheinbare Durchmeſſer des Vollmonds gegen einen halben Grad beträgt, ſo ſagen wir, wenn ein Teleſkop blos den Mond faßt, daß ſein Geſichtsfeld einen halben Grad betrage; ſehen Sie aber blos die Hälfte des Monds, ſo würde das Geſichtsfeld blos den vierten Theil eines Grads halten.

Um nun aber gehörig von dem Felde eines Teleſkops zu urtheilen, müſſen Sie die Vergrößerungskraft zu Hülfe nehmen; denn es iſt ein allgemeiner Grundſatz, daß je mehr ein Teleſkop vergrößert, deſto kleiner das Geſichtsfeld iſt: die Natur ſchreibt hier ſelbſt die Gränzen vor. Es ſey PAP Taf. VII, Fig. 3. das Objektglas, QBQ das Augenglas eines Teleſkops, EF die Axe davon, Ee ein Gegenſtand unter einer großen Entfernung, der unter dem Winkel EAe geſehen wird, und der den halben Durchmeſſer des Geſichtsfeldes vorſtellt, welches ſich eben ſo viel auf einer Seite der Axe als auf der andern erſtreckt. Der

Punkt E iſt der Mittelpunkt des Feldes; der Strahl EA wird nicht refraktirt, ſo wie er durch die Mitte der Gläſer geht, und ſenkrecht auf ihrer Axe iſt: damit nun alſo dieſer Strahl zu dem Auge gelange, muß das Auge irgendwo auf der Axe BF hinter dem Augenglaſe ſtehen, und ſo daß die Pupille auf der Linie BF ſey; dies iſt eine allgemeine Regel in Rückſicht aller Teleſkope. Wir wollen jetzt das ſichtbare Ende e des Gegenſtands betrachten; an dieſem iſt es offenbar, daß das Ende e des Gegenſtands nicht geſehen werden könne, wofern nicht der Strahl eA, welcher von da ausgeht, in das Auge gelangt.

Wir wollen jetzt die Richtung des Strahls eA überlegen; zufolge der Geſetze der Refraktion wird dieſer Strahl nicht refraktirt, weil er durch die Mitte des Objektglaſes A geht. Dieſer Strahl wird daher in der nämlichen Richtung fortfahren, und ſich mit andern Strahlen vereinigen, welche von dem nämlichen Punkte e kommen, um bei f ein Bild des Gegenſtands zu machen, wie er durch fF vorgeſtellt wird, indem der Punkt f das Bild des Punkts e des Gegenſtands eE iſt: allein dieſer Strahl, welcher bei m das konkave Glas trift, und nicht auf die Mitte deſſelben fällt, wird refraktirt werden; und anſtatt nach f zu gehen, wird er in der Richtung mn mehr divergirend von der Axe BF fortgehen. Sie werden ſich erinnern, daß das Objektglas ein umgekehrtes Bild des Gegenſtands bei Ff macht, und daß Ff der Gegenſtand in Rückſicht des Augenglaſes wird, wodurch es nach Gg gebracht wird. Der Abſtand BG iſt ſo groß, wie derjenige des Objekts, weil Ff in dem Fokus des Augenglaſes ſich befindet.

In Rückſicht der Größe der Bilder, wird das erſte Ff durch die gerade Linie eAf beſtimmt, welche von e durch die Mitte des Glaſes PAP gezogen wird, und dasjenige des andern Gg durch eine gerade Linie fBg, die

von f durch B, die Mitte des Augenglaſes geht. Der Strahl Am, welcher gegen den Punkt f geht, wird refraktirt und geht gegen mn, und dieſe Linie fährt rückwärts fort und geht durch g, denn der Strahl mn macht die nämliche Wirkung auf das Auge, als ob er wirklich von g käme. Da nun mn von BF divergirt, wo die Pupille des Auges liegt, ſo kann er nicht in das Auge gelangen, wenn er weiter divergirt, als die Gränzen der Pupille des Auges ſind; ſo daß bei dieſer Art von Teleſkop das Feld von der Größe der Pupille des Auges abhängt, und je größer dieſe iſt, deſto größer auch das Feld ſeyn werde; mithin, wenn der Abſtand Bm nicht den nämlichen Durchmeſſer der Pupille des Auges übertrift, und dieſes Feld nicht vermindert werden kann, das Auge immer ſo nahe als möglich an das Augenglas gelegt werden muß.

Um nun alſo die Größe des Feldes in dieſen Teleſkopen zu beſtimmen, dürfen Sie blos den Zwiſchenraum Bm gleich dem Halbmeſſer der Pupille nehmen, und ſodann eine Linie mAe von m und der Mitte des Objektglaſes ziehen, welche Linie denn auf dem Objekte dieſes Ende e bemerken wird, welches durch das Teleſkop ſichtbar ſeyn wird, und der Winkel eAE wird den Halbmeſſer des Feldes geben. Hieraus iſt offenbar, daß wenn der Abſtand zwiſchen den zwei Gläſern um einige Zolle größer iſt, der Winkel BAm ſehr klein werde, weil der Abſtand Bm blos ohngefähr $\frac{1}{20}$ eines Zolls iſt. Um nun durch dieſe Teleſkope mehr zu vergrößern, müßte der Abſtand zwiſchen den Gläſern beträchtlich vermehrt werden, in welchem Falle aber das Geſichtsfeld unendlich klein werden würde; ſo daß daher die Größe dieſer Teleſkope nach der Beſchaffenheit ihrer Bauart ſeine Gränzen hat, und der Optiker, um bequem große Wirkungen zu erhalten, zu andern Arten ſeine Zuflucht zu nehmen genöthiget iſt.

Summariſche Ueberſicht der Eigenſchaften des Galiläiſchen Teleſkops.

1. Der Fokalabſtand des Augenglaſes muß geringer ſeyn als derjenige des Objektglaſes, außerdem wird der Gegenſtand gar nicht vergrößert.

2. Die vergrößernde Kraft iſt gleich dem Quotienten, welcher entſteht, wenn man den Fokalabſtand des Objektglaſes durch denjenigen des Augenglaſes dividirt.

3. Die Strahlen, welche von dem Augenglaſe zu dem Auge gehen, ſind beinahe parallel; iſt dieſes für das Auge nicht paſſend, ſo muß das Rohr, welches das Augenglas enthält, etwas hineingeſtoßen, oder herausgezogen werden, bis der Gegenſtand deutlich erſcheint.

4. Die ſichtbare Fläche des Gegenſtands iſt größer, je näher das Auge dem Glaſe iſt, und hängt von dem Durchmeſſer der Pupille des Auges und des Objektglaſes ab; das Geſichtsfeld wird daher ſehr klein.

5. Wenn dieſes Teleſkop lang iſt, ſo iſt die ſichtbare Fläche ſo klein, daß es ganz unnütze wird; dieſes entſteht von der Kleinheit des Objektglaſes; allein iſt dieſes breiter, ſo wird der Gegenſtand gefärbt und undeutlich.

Von dem aſtronomiſchen Teleſkope.

Die nächſte Art, welche unter dem Namen des aſtronomiſchen Teleſkops bekannt iſt, beſteht auch blos aus zwei Linſen, welche aber beide konvex ſind. Es ſey PAP Taf. VI. Fig. 15. das Objektglas, welches konvex iſt und ſeinen Fokus bei F hat, QQ iſt eine tiefere

und kleinere konvexe Linſe für das Augenglas, welche auf der nämlichen Axe ſteht, ſo daß ihr Fokus mit dem Punkte F zuſammenfallen kann; man hält das Auge bei o, ſo daß der Abſtand BO beinahe gleich dem Fokalabſtande des Augenglaſes wird. Mit einem Teleſkope, welches auf dieſe Art eingerichtet iſt, wird man Gegenſtände deutlich, und in dem nämlichen Verhältniſſe vergrößert ſehen, als der Fokus des Objektglaſes denjenigen der Augengläſer übertrift, allein es ſtellt die Gegenſtände umgekehrt vor, welches aber deſſen Werth zu aſtronomiſchen Abſichten nicht vermindert, ob es ſchon zu Betrachtung der Gegenſtände auf der Erde minder bequem und anwendbar iſt.

Ich habe Ihnen nun zu erklären 1) wie dieſe Einrichtung der Gläſer entfernte Gegenſtände deutlich zeigt. 2) Warum es in dem nämlichen Verhältniſſe vergrößert, als der Fokus des Objektglaſes denjenigen des Augenglaſes übertrift, und die Gegenſtände umgekehrt darſtellt. Und 3) warum das Auge nicht dichte an das Augenglas gelegt wird, wie es bei der vorhergehenden Einrichtung der Fall war.

1. Der erſte Umſtand läßt ſich auf gleiche Art beweiſen, wie es bei der vorhergehenden Bauart der Fall war; die Strahlen eP, eP, welche gegen einander parallel ſind, werden nämlich, ehe ſie auf das Objektglas fallen, hierdurch refraktirt und in ihrem Fokus vereiniget; das Augenglas muß daher zum deutlichen Sehen den Parallelismus der Strahlen wiederherſtellen, welches dadurch geſchieht, daß das Augenglas ſo geſtellt werde, daß deſſen Fokus bei F ſich befinde, und folglich die Strahlen davon parallel gegen einander fortgehen, und ſo in dieſer Richtung auf das Auge fallen.

2. In Rückſicht der Erklärung des zweiten Umſtandes, wollen wir das Objekt eE Taf. VI. Fig. 16. betrach-

ſen, das wir annehmen, als ob es in einer unendlichen Entfernung liege. Das Bild dieſes Gegenſtands wird Ff ſeyn, ſo wie es von dem Objektglaſe in deſſen Fokus entſteht; dieſes Bild wird umgekehrt ſeyn, und jetzt ein Gegenſtand für das Augenglas werden, und da es in deſſen Fokus liegt, ſo wird das Bild in einer unendlichen Entfernung ſeyn, hier bei Gg, indem AG als ein unendlicher Abſtand ſowohl als AE angeſehen wird. Um nun die Größe dieſes Bildes zu beſtimmen, ziehe man eine gerade Linie Bfg durch B, die Mitte der Linſe, und das Ende f des Bildes. Dieſes zweite Bild iſt der unmittelbare Gegenſtand des Sehens, und da es unter einer unendlichen Entfernung liegt, ſo wird es unter dem Winkel GBg geſehen: allein der Gegenſtand ſelbſt wird unter dem Winkel EAe geſehen. Ich habe kaum nöthig, hier zu bemerken, daß es gleichgültig ſey, wo die Punkte A und B genommen werden, da der Abſtand als unendlich angeſehen wird. Die Dreiecke FAf, FBf können, wie bei der vorhergehenden Bauart, als Sektoren eines Kreiſes angeſehen werden, indem die Linie Ff ein Bogen iſt, der beiden gemeinſchaftlich wird, denn die Winkel ſind ſo klein, daß die Chorde für den Bogen ſelbſt genommen werden kann; AE und BF ſind die zugehörigen Halbmeſſer, und die Bögen ſind gleich; und folglich ſind, wie ich vorher bewieſen habe, die Winkel Faf (oder EAe) und FBf (oder GBg) in dem nämlichen Verhältniſſe wie die Halbmeſſer BF und AF. Der Winkel GBg, unter welchem die Gegenſtände durch das Teleſkop geſehen werden, iſt um ſo viel größer, als der Winkel EAe, unter welchem der Gegenſtand von dem bloßen Auge geſehen wird, als AF größer iſt als BF.

3. In Rückſicht des Orts des Auges wird die erforderliche Lage deſſelben durch das Feld beſtimmt; denn wenn Sie es weiter von dem Fokus des Augenglaſes hal-

ten, ſo wird das Feld vermindert. Es iſt ein großer Vortheil bei Teleſkopen von dieſer Bauart, daß durch Entfernung des Auges von dem Augenglaſe, das Feld bis zu einem gewiſſen Grade vermehrt werden kann; daher denn auch hierdurch die Vergrößerungskraft derſelben ſo ſtark vermehrt zu werden vermag, welches aus folgenden Bemerkungen deutlich werden wird.

1. Es ſey Ee Taf. VI. Fig. 17. der Gegenſtand unter einer unendlichen Entfernung, e das ſichtbare Ende durch das Teleſkop, deſſen Gläſer PAP, QBQ auf der Axe EABO liegen; wir haben daher jetzt die Richtung des Strahls e zu bemerken, welcher von dem Ende des Gegenſtands durch die Mitte des Objektglaſes fortgeht; denn die andern Strahlen, welche von dem nämlichen Punkte e fortgehen, tragen blos bei, die Wirkungen zu verſtärken, welche durch dieſen Strahl erfolgen.

2. Der Strahl eA, welcher durch die Mitte des Glaſes PP geht, wird nicht gebogen, ſondern geht in der Richtung AfM durch das Ende f des Bildes fort, und fällt auf das Augenglas bei M. Hier muß ich noch bemerken, daß wenn das Augenglas nicht groß genug iſt, M zu erreichen, dieſer Strahl nicht in das Auge gelangen würde, und der Punkt e würde nicht geſehen werden; d. i. mit andern Worten, das Ende e muß der Axe näher geſetzt werden, damit der Strahl Afm auf das Augenglas falle.

3. Dieſer Strahl AM wird nun durch das Augenglas refraktirt; die Art ſeiner Refraktion wird leicht gefunden, in welcher Rückſicht wir das zweite Bild Gg betrachten wollen. Die verlängerte Linie B fällt jetzt auf g, das Ende des zweiten Bildes, und der refraktirte Strahl nimmt die Richtung NO, die verlängert auf g fällt.

4. Da nun die zwei Linien ON und Bf bei g unter einer unendlichen Entfernung ſich treffen, ſo können ſie als parallel unter einander angeſehen werden; um nun daher die Lage des refraktirten Strahls NO zu beſtimmen, dürfen wir blos eine Linie ziehen, die mit der Linie Bf parallel iſt.

5. Man ſieht hieraus, daß der Strahl NO mit der Axe des Teleſkops wie bei O zuſammentreffen müſſe, und da allgemein, wenn die Vergrößerungskraft ſtark iſt, der Punkt F ungleich näher dem Glaſe QQ iſt, als das Glas PP, ſo wird der Zwiſchenraum BM etwas größer ſeyn, als das Bild Ff; ſo wie denn, da die Linie NO mit fB parallel iſt, die Linie BO beinahe gleich BF, dem Fokalabſtande des Augenglaſes, ſeyn wird.

6. Das Auge, welches bei O liegt, wird nicht nur die Strahlen erhalten, welche von der Mitte des Gegenſtands E kommen, ſondern auch diejenigen, welche von dem Ende e ausgehen, und ſo folglich diejenigen, welche von allen übrigen Theilen des Gegenſtands kommen; die Strahlen von BO und NO werden zu gleicher Zeit auf das Auge fallen, ſo klein indeſſen die Pupille auch ſeyn dürfte; das Geſichtsfeld bei dieſer Einrichtung hängt daher nicht von der Größe der Pupille ab, vorausgeſetzt, daß das Auge bei O liegt, allein ſo wie das Auge von O wegrückt, wird das Geſichtsfeld vermindert.

7. Wäre der Punkt M nicht am Ende des Augenglaſes, ſo würde er Strahlen machen, welche weiter entfernt von der Axe wären, und das Geſichtsfeld würde größer ſeyn. Um daher das Feld zu beſtimmen, deſſen das Teleſkop fähig iſt, ziehe man von A, der Mitte des Objektglaſes, nach M, dem Rande des Augenglaſes, die Linie AM; dieſe bis e fortgeſetzt, wird in dem Gegenſtande das ſichtbare Ende deſſelben bemerken, folglich giebt

der Winkel EAe oder BAm den Halbmeſſer des Geſichtsfeldes, welcher folglich in dem Verhältniſſe vergrößert wird, als das Augenglas größer iſt. Bei der erſten Art hieng das Feld von der Oefnung der Pupille des Auges ab, dahingegen bei dieſer es von der Oefnung des Augenglaſes abhängt.

Vermöge des Objektglaſes wird der Gegenſtand von Ee nach Ff geführt; durch das Augenglas wird er gleichſam von Ff nach Gg gebracht; und das Bild Gg, da es unter einer ſolchen Entfernung iſt, wird deutlich geſehen. Dieſes Bild wird von dem Auge bei O unter dem Winkel GOg oder BON geſehen, indeß der Gegenſtand von dem bloßen Auge unter dem Winkel EAe geſehen wird; das Teleſkop vergrößert daher nach dem nämlichen Verhältniſſe, als der Winkel BON größer iſt, als der Winkel EAe. Da nun NO mit Bf parallel iſt, ſo iſt der Winkel BON gleich dem Winkel Fbf, und der Winkel EAe iſt gleich dem Winkel FAf; die Vergrößerungskraft kann daher durch das Verhältniß zwiſchen den Winkeln Fbf und FAf beſtimmt werden. Nun iſt Fbf um ſo viel größer als FAf, als die Linie AF größer iſt als die Linie Bf, oder ſo viel, als der Fokus des Objektglaſes größer iſt, als derjenige des Augenglaſes.

Summariſche Ueberſicht der Eigenſchaften des aſtronomiſchen Teleſkops.

1. Die Vergrößerungskraft ſteht im Verhältniſſe des Fokalabſtands des Gegenſtands zum Augenglaſe.

2. Die Strahlen, welche von dem Augenglaſe zu dem Auge gehen, müſſen für ein gutes Auge *parallel ſeyn*; paßt dies für ein andres Auge nicht, ſo muß das Rohr

entweder hineingeſtoßen oder herausgezogen werden, bis der Gegenſtand deutlich erſcheint.

3. Die ſcheinbare Größe eines Gegenſtands iſt die nämliche, wo auch das Auge liegt, allein die ſichtbare Fläche iſt am größten, wenn das Auge beinahe in dem Fokalabſtande des Augenglaſes iſt.

4. Der Gegenſtand iſt jederzeit umgekehrt.

5. Der Geſichtswinkel hängt von der Breite des Augenglaſes ab; denn er iſt dem Winkel gleich, welchen das Augenglas mit dem Objektglaſe von Ee macht.

Es giebt noch zwei andre Umſtände, die auf die Vollkommenheit der Teleſkope Bezug haben, und wir jetzt näher unterſuchen müſſen; die Helligkeit oder Menge des Lichts, und die Deutlichkeit, mit welcher die Gegenſtände geſehen werden.

In Rückſicht der Helligkeit kann das Teleſkop als vollkommen angeſehen werden, wenn es ſie ſo helle darſtellt, als ſie vom bloßen Auge geſehen werden, welches der Fall iſt, wenn die Oefnung der Pupille von den Strahlen erfüllt wird, die von jedem Theile des Gegenſtands kommen, nachdem ſie durch das Teleſkop gegangen ſind; ſo lange als ein Teleſkop eine hinreichende Menge Strahlen giebt, um die Oefnung der Pupille zu erfüllen, ſo kann keine größere Helligkeit verlangt werden, da eine größere Menge ohne Nutzen ſeyn würde. Allein da die Größe der Pupille ſich verändert, ſo hat man insgemein in Rückſicht dieſes Umſtands ſie von ohngefähr $\frac{1}{10}$ eines Zolls im Durchmeſſer anzuſehen: wenn Sie bedenken, daß das Licht der Sonne ſo geſchätzt wird, daß es dasjenige des Monds 300,000 mal übertrift, ſo werden Sie leicht einſehen, daß eine geringe Verminderung des Lichts von keiner beträchtlichen Folge iſt. Indeſſen wollen wir die Strahlen unterſuchen, welche durch das Teleſkop gehen,

und ſie mit dem angenommenen Durchmeſſer der Pupille vergleichen; dies wird deutlicher werden, wenn man blos auf einen Punkt des Gegenſtands Rückſicht nimmt, z. B. denjenigen, welcher mit der Axe des Teleſkops zuſammentrift.

1. Wenn der Gegenſtand in einer unendlichen Entfernung iſt, ſo können die Strahlen, welche auf die Oberfläche des Objekts fallen, als parallel zu einander angeſehen werden; alle Strahlen alſo, welche von dem Mittelpunkte des Gegenſtands kommen, werden zwiſchen den Linien eP, eP, parallel mit der Axe EH Taf. VI. Fig. 15. enthalten ſeyn. Alle dieſe Strahlen zuſammen genommen, heißen der Strahlenbüſchel, welche denn auf das Objektglas fallen, und die Stärke dieſes Büſchels iſt gleich der Oefnung des Objektglaſes, deſſen Durchmeſſer PAP iſt.

2. Dieſer zilindriſche Strahlenbüſchel wird in einen koniſchen PFP vermittelſt des Objektglaſes verwandelt; nachdem ſie ſich nun in dem Fokus F gekreuzt haben, gehen die Strahlen weiter fort, und bilden einen andern Kegel, deſſen Spitze in dem Fokus, und die Grundfläche das Augenglas iſt. Nun iſt offenbar, daß die Grundfläche des Kegels mm um ſo viel kleiner iſt als der Büſchel PP, als der Abſtand FB kürzer iſt, als der Abſtand AF.

3. Nun werden die Strahlen Fm, Fm, nachdem ſie durch das Augenglas gegangen, wieder gegen einander parallel, und machen den Büſchel no, no, der in das Auge tritt, und hier das Bild desjenigen Punkts abmahlt, von welchem ſie urſprünglich entſtanden.

4. Alles beruht nun auf der Größe des Strahlenbüſchels no, no, welcher in das Auge tritt; wenn der Durchmeſſer davon gleich oder größer iſt, als die Oef-

nung der Pupille, ſo wird ſie voll werden, und der Gegenſtand wird unter der möglichſten Helligkeit geſehen.

5. Allein wenn die Größe dieſes Büſchels ungleich geringer iſt, als diejenige der Pupille, ſo iſt offenbar, daß die Vorſtellung dunkel ſeyn wird, welches aber ein großer Fehler in einem Teleſkope iſt; um dies zu verhindern, muß der letzte Strahlenbüſchel größer ſeyn als $\frac{1}{20}$ eines Zolls im Durchmeſſer, ſo daß es vortheilhaft wäre, wenn er beinahe $\frac{1}{10}$ eines Zolls betrüge.

6. Nun iſt offenbar, daß die Größe des letzten Strahlenbüſchels von der Größe des erſtern abhängt, wodurch er gebildet wird, welches leicht beſtimmt werden kann; denn wir haben blos zu ſehen, um wie viel kleiner nn iſt als PP, oder die Oefnung des Objektglaſes. Nun iſt PP zu nn wie AF zu BF, worauf die vergrößernde Kraft ſich gründet; die Vergrößerungskraft zeigt alſo, um wie viel größer der Büſchel EP, EP iſt als der Büſchel no, no.

7. Hieraus ſieht man, daß die Oefnung des Objektglaſes nach Verhältniß vergrößert werden müſſe, als die vergrößernde Kraft vermehrt wird; wenn folglich dieſer verhältnißmäßige Durchmeſſer dem Objektglaſe nicht gegeben werden kann, ſo wird das Teleſkop immer mangelhaft ſeyn.

Die Optiker haben als eine allgemeine Regel angenommen, daß die Oefnung einer Linſe immer geringer ſeyn müſſe, als die Hälfte ihres Fokalabſtandes.

Deutlichkeit des Ausdrucks iſt ohnſtreitig der wichtigſte Umſtand in der Beſchaffenheit eines Teleſkops, welchen zu erhalten das Nachforſchen immer beſchäftiget, und das Nachdenken eines Newton, Dollond, Euler, d'Alembert u. a. m. auf ſich gezogen hat.

Sie werden ſich erinnern, daß ich als Grundſatz annahm, daß eine konvexe Linſe in einem Punkte das Bild aller Strahlen vereinigte, die von einem gegebenen Punkte eines Gegenſtands ausfahren. Wäre dies aufs ſtrengſte richtig, ſo würden die Bilder, welche von den Linſen gemacht werden, ſo gut begränzt, und ſo vollkommen entworfen, als der Gegenſtand ſelbſt.

Allein dieſer Grundſatz iſt nur bis zu einem gewiſſen Grade richtig, und blos in Rückſicht derjenigen Strahlen, welche dem Mittelpunkte der Linſe nahe ſind; denn die Strahlen, welche durch das Glas unter einigem Abſtande von dieſem Mittelpunkte gehen, werden nicht in dem nämlichen Punkte mit denjenigen geſammelt, welche durch die Mitte gehen, von welchem doppelten Bilde denn eine große Undeutlichkeit entſteht.

Um dieſes deutlicher zu machen, müſſen wir wieder zu einem Diagramme unſre Zuflucht nehmen. Es ſey PP Taf. VII. Fig. 7. ein konvexes Glas; Ee ein Gegenſtand, welcher an der Axe deſſelben liegt; E der Punkt, welcher mit der Axe zuſammenfällt, und Strahlen EM, EN, EA, EM, EN auf die Oberfläche des Glaſes ausſchießt. Wir haben alſo nunmehr zu betrachten, wie die Richtung dieſer Strahlen durch die Linſe verändert wird.

1. Der Strahl EA, welcher durch die Mitte des Glaſes geht, wird nicht refraktirt, ſondern geht in der nämlichen geradlinichten Richtung ABE fort.

2. Die Strahlen EM, EM, welche ſehr nahe an EA ſind, werden nur in einem geringen Grade refraktirt, indeſſen aber doch ſo, daß ſie ſich irgendwo als bei F vereinigen, welchen Punkt der Vereinigung wir als den Brennpunkt der Linſe angeſehen haben.

3. Die Strahlen EN, EN, welche von der Axe weiter abſtehen, oder dem Rande des Glaſes näher ſind, werden etwas verſchieden refraktirt, ſo daß ſie bei G etwas näher gegen die Linſe als der Punkt F zuſammen treffen, und ſo ein beſondres Bild Gg machen.

4. Dieſer Umſtand in Rückſicht der Strahlen, welche auf die Linſe in einiger Entfernung von dem Mittelpunkte fallen, und da ſie hier ein andres Bild des nämlichen Punkts machen, welches von demjenigen abgeſondert iſt, was durch die Strahlen gebildet wird, die näher an dem Mittelpunkte der Linſe vorbeigehen, ob ich ſeiner ſchon vorher noch nicht erwähnt habe, verdient beſondere Aufmerkſamkeit.

5. Sie werden hieraus ſehen, daß das erſte Bild Ff blos vermöge der Vereinigung derjenigen Strahlen entſteht, welche der Mitte des Glaſes ſehr nahe ſind, und daß ſolchergeſtalt eine Folge von Bildern durch die Strahlen erfolgt, welche mehr und mehr von der Axe abweichen, bis ſie endlich zu ſolchen kommen, welche nahe an den Rand der Linſe fallen, und das Bild Gg machen.

6. Es wird daher eine unbeſtimmte Anzahl von Bildern zwiſchen Ff und Gg gemacht, welches durch die Strahlen erfolgt, welche auf die Oberfläche der Linſe zwiſchen der Axe und dem Rande derſelben fallen.

7. Dieſe Reihe von Bildern heißt die Abberration die von der Sphärizität des Glaſes entſtehet, oder die Diffuſion des Bildes; ſo wie es Ihnen einleuchtend ſeyn muß, daß wenn dieſe Strahlen in das Auge treten, das Sehen, was hierdurch von dem urſprünglichen Punkte erfolgt, verwirrt und undeutlich ſeyn muß; dahingegen, wenn der Raum FG zu dem

Punkte F gebracht werden könnte, keine Verwirrung oder Mangel an Deutlichkeit Statt finden würde.

8. Dieſe Diffuſion oder Zerſtreuung der Strahlen iſt nach Verhältniß größer als die Bögen PAP, PBP größere Segmente von ihren zugehörigen Kreiſen ſind; ſo wie Sie auch hieraus erſehen werden, daß ſehr ſtarke und konvexe Linſen ganz zu verwerfen ſind. So würde in dieſer Figur, wo die Bögen PAP und PBP der vierte Theil des ganzen Umkreiſes ſind, die Verwirrung unerträglich ſeyn.

9. Einige Schriftſteller, welche über dieſen Gegenſtand geſchrieben haben, ſagen, daß der Bogen, welcher die Linſe macht, nicht mehr als 20 Grad ihres zugehörigen Umfangs enthalten dürfe.

10. Allein wenn die Linſe für das Objektglas eines Teleſkops beſtimmt iſt, ſo muß ſie von einem Bogen genommen werden, welcher wenigere Grade enthält; denn obſchon die Zerſtreuung der Strahlen an ſich ſelbſt unmerklich ſeyn kann, ſo vervielfacht doch die vergrößernde Kraft ſie ſo oft, als der Gegenſtand ſelbſt: daher je größer die vergrößernde Kraft iſt, deſto geringer die Anzahl der Grade ſeyn muß, welche das Objektglas haben darf.

Wenn die Zerſtreuung der Strahlen ſehr groß iſt, ſo kann ſie vermindert werden, wenn man den Rand der Linſe mit einem undurchſichtigen Ringe bedeckt, welcher blos eine geringe Oefnung um den Mittelpunkt der Linſe übrig läßt; auf dieſe Art wird die Deutlichkeit wieder erhalten, allein die Helligkeit wird jedoch immer vermindert, und es wird eben ſo viel auf der einen Seite verloren, als auf der andern gewonnen wird, und zwar um ſo mehr, als jede Zunahme an der Vergrößerungskraft ein verhaltnißmäßiges Wachſen der Oefnung erfordert. Die Optiker haben daher mit vieler Mühe und Fleiß ſich beſtrebt, Mittel zu entdecken, um dieſe Zerſtreuung

zu verbeſſern, ohne die Oefnung des Objektglaſes zu vermindern.

Der Fokus der Strahlen, welche durch die Mitte einer konvexen Linſe gehen, iſt, wie Sie geſehen haben, weiter von der Linſe als der Fokus der Strahlen, welche nahe am Rande des Glaſes ſind. Nun iſt von den Optikern bemerkt worden, daß eine konkave Linſe eine entgegengeſetzte Wirkung erzeugt; ſie haben daher dieſen Gegenſtand unterſucht, , um zu ſehen, ob ſie nicht eine konkave mit einer konvexen Linſe verbinden könnten, um dieſe Abirrung zu verbeſſern oder aufzuheben, indeß die zuſammengeſetzte Linſe die gewöhnliche Wirkung eines einfachen Objektglaſes hätte. Wir haben Ihnen bereits gezeigt, daß konkave Linſen nach ihrem Brennpunkte ſowohl als konvexe Linſen eingetheilt werden, nur mit dieſem Unterſchiede, daß der Brennpunkt einer konkaven Linſe virtual oder eingebildet iſt, und vor die Linſe fällt, indeß derjenige der konvexen Linſe wirklich iſt und hinter die Linſe fällt. Zufolge dieſer Umſtände ſchloſſen denn die Optiker auf folgende Art.

1. Wenn man eine konkave Linſe hinter eine konvexe von dem nämlichen Fokalabſtande ſetzt, ſo werden die Strahlen, welche ſich in ihrem Fokus vereinigt haben würden, ſo refraktirt, daß ſie gegen einander parallel gemacht werden, eben ſo als ſie waren, ehe ſie in das Glas traten.

2. In dieſem Falle zerſtört die konkave Linſe die Wirkung der konvexen, und die Strahlen gehen in ihrer urſprünglichen und natürlichen Ordnung fort.

3. Wenn der Fokalabſtand der konkaven Linſe geringer iſt als derjenige der konvexen, ſo würde die Wirkung größer ſeyn, und die Strahlen divergirend gemacht werden. So werden die einfallenden parallelen Strahlen LM, LA, LM Taf. VII. Fig. 8. welche durch die Glä-

ſer MP, QQ gehen, divergirend in der Richtung NO, BF, NO fortgehen. Dieſe zwei Gläſer alſo, wenn ſie verbunden werden, erzeugen die nämliche Wirkung als eine einfache konkave Linſe, welche den parallelen Strahlen den nämlichen Grad von Divergenz geben würde. Zwei Gläſer mit einander verbunden, wovon das konkave einen geringern Fokalabſtand als das konvexe hat, ſind einem einfachen konkaven Glaſe gleich.

4. Allein wenn die konkave Linſe QQ Taf. VII. Fig. 9. einen längern Fokalabſtand hat, als die konvexe Linſe PP, ſo wird ſie die Strahlen nicht parallel machen, welche die konvexe Linſe in ihrem Fokus F vereinigen würde, ſondern ſie wird ihre Konvergenz ſo weit ſchwächen, daß anſtatt in E einander zu treffen, ſie ſich in O, einem entferntern Punkte von der Linſe, vereinigen werden.

5. Die in dieſem Beiſpiele vereinigten Linſen erzeugen die nämliche Wirkung als eine einfache konvexe Linſe, deren Fokus in O ſeyn würde. Man ſieht alſo deutlich, daß es möglich iſt, die Kombination zweier Linſen unendlich zu verändern, deren eine konvex die andre konkav iſt, ſo daß die vereinigten Linſen einer gegebenen konvexen Linſe gleich ſeyn können.

6. Eine ſolche vereinigte Linſe kann bei einem Teleſkope anſtatt einer einfachen Linſe angewendet werden, und die Wirkung in Rückſicht der Vergrößerungskraft wird noch die nämliche ſeyn; allein der Grad der Diffuſion oder Zerſtreuung in den Strahlen iſt jetzt ſehr verſchieden; er kann nämlich größer oder geringer ſeyn als in der einfachen Linſe: im letztern Falle wird denn das doppelte Objektglas dem einfachen weit vorzuziehen ſeyn.

7. Was aber noch mehrere Vortheile gewährt, iſt, daß es möglich iſt, daß dieſe Zerſtreuung aufgehoben werden kann. Berechnungen zeigen dieſe Zuſammenſetzun-

gen, allein die Hand des Künſtlers iſt nicht vermögend, ſie auszuführen.

Die Zuſammenſetzung zweier Linſen nach dem Verfahren, als ich bereits angegeben habe, macht das, was wir ein zuſammengeſetztes Objektglas nennen; die Abſicht, die dabei erreicht wird, iſt, daß die Strahlen welche durch die Linſe ſowohl am Rande als am Mittelpunkte gehen, in einen einzigen Punkt vereiniget werden, und nunmehr nur ein Bild ohne eine ſolche Zerſtreuung der Strahlen machen, als bei einem einfachen Objektglaſe der Fall iſt.

Die Vortheile ſind groß, die von einer ſolchen Zuſammenſetzung erhalten werden dürften; der Gegenſtand würde deutlicher und beſſer begränzt erſcheinen, weil das Sehen durch diejenige gemiſchte Reihe von Bildern nicht geſtört werden würde, als von einem einfachen Objektglaſe erfolgt. Dieſe Zerſtreuung der Strahlen iſt eine der vornehmſten Urſachen, die uns nöthigen, ſehr lange Teleſkope anzuwenden, um hierdurch die Wirkung der Zerſtreuung zu vermindern; wäre aber dieſe Zerſtreuung ganz aufzuheben, ſo könnten ſie ungleich kürzer gemacht werden, und würden dann die nämlichen Wirkungen leiſten.

Ich muß hier auch noch erinnern, daß die Seiten oder Flächen der Linſen auf verſchiedene Art geſtaltet werden können, ohne daß jedoch dadurch der Fokus verändert wird; dies geſchieht dadurch, daß man die Flächen von gleichen oder ungleichen Halbmeſſern macht, wie man aus folgenden Beiſpielen ſehen wird. Wir wollen eine konvexe Linſe annehmen, deren Flächen auf einer Schale von 24 Zoll im Halbmeſſer ſind geſchliffen worden, und folglich jede Fläche das Segment eines Kreiſes von 24 Zoll Radius iſt; ſie wird dann auf beiden Seiten gleichmäßig konvex ſeyn, und nach der gewöhnlichen Schätzung von

24 Zoll Fokus; indeſſen da der Fokus von der Refraktion abhängt, ſo verändert er ſich zufolge der Dichtigkeit des Glaſes; insgemein iſt der Fokalpunkt der Linſe näher als die Halbmeſſer der Fläche, zuweilen um den zehnten oder zwölften Theil, ſo daß die Linſe, von der wir angenommen haben, daß ſie auf einer Schale von 24 Zoll Radius geſchliffen worden, zum Fokus 22 Zoll haben wird.

Wenn man nun die Oberflächen ungleich macht, ſo kann eine unendliche Verſchiedenheit von Linſen erhalten werden, welche alle einerlei Fokus haben, z. B. wenn die eine Fläche von einem kleinern Radius genommen wird als 24 Zoll, ſo muß die andre von einem längern ſeyn, indem ſolchergeſtalt die eine die andre erſetzt. Folgende Tafel giebt eine Ueberſicht einiger der Veränderungen, unter welchen die zwei Flächen einer Linſe bearbeitet werden können, und doch einerlei Wirkung leiſten.

Gläſer	Radius der 1. Fläche.	Radius der 2. Fläche.
1	24	24
2	21	28
3	20	30
4	18	36
5	16	48
6	15	60
7	14	84
8	13	156
9	12	unendlich.

In der letztern oder neunten Art iſt der Radius blos 12, oder die Hälfte von 24 Zoll, die andre Fläche aber iſt ein Segment eines Kreiſes, deſſen Radius unendlich iſt, und daher als eine gerade Linie angeſehen werden kann; eine ſolche Linſe würde alſo plan konver ſeyn.

Verlangen Sie nun, daß eine der Flächen von einem geringern Radius als 12 Zoll ſey, ſo muß die andre Fläche konkav werden, und das Glas wird konkav konvex, oder was wir unter einem Meniſkus verſtehen. Folgende Tafel enthält die Art der Figuren für dieſe Form.

Meniſke.	Radius der 1. Fläche.	Radius der 2. Fläche,
10	11	132
11	10	60
12	9	36
13	8	24
14	6	12
15	4	6
16	3	4

Sie haben alſo hier ſechzehn verſchiedene Arten von Linſen, deren Brennpunkte alle von einerlei Abſtande ſeyn werden. Wenn blos auf den Brennpunkt Rückſicht genommen werden dürfte, ſo würde es vollkommen gleichgültig ſeyn, welche man anwenden wollte; allein dies iſt keinesweges der Fall in Rückſicht der Zerſtreuung der Strahlen, denn darin ſind ſie beträchtlich verſchieden, und findet in einigen Fällen mehr wie in andern Statt. Unter dieſen iſt diejenige der ſiebenten Art diejenige, wo die Zerſtreuung am geringſten iſt, die beinahe um die Hälfte geringer iſt, als es der Fall iſt, wenn man ſich einer auf beiden Seiten gleich konvexen Linſe bedient, die denn daher immer eine ſehr vortheilhafte Figur für ein einfaches Objektglas iſt.

Zufolge dem, was wir erwähnet haben, ſehen Sie leicht ein, daß um die Abirrung zu verbeſſern, welche von der Sphärizität entſteht, es nothwendig iſt, ein Problem aufzulöſen, um ausfindig zu machen, welches die gehörigen Halbmeſſer für die zwei Oberflächen einer Linſe ſind,

ſo daß die Zerſtreuung der Strahlen aufgehoben werden könne; dieſe Auflöſung erfordert viel Kenntniß in den höhern Theilen der Geometrie, und gehört daher für unſre Vorleſungen nicht; ich werde indeſſen, wie ich hoffe, genug geſagt haben, um Ihnen den Gegenſtand deutlich zu machen, und Sie ſolchemnach von der Nothwendigkeit und Natur dieſer Nachforſchungen zu überzeugen.

Noch giebt es aber eine andere **Aberration**, welche verbeſſert werden muß, oder eine andre Urſache der **Zerſtreuung** in den Strahlen, welche noch wichtiger und ſchwerer zu ſeyn ſcheint, und die keineswegs von dem **Glaſe**, ſondern von der Natur und den Eigenſchaften der **Lichtſtrahlen** ſelbſt abhängt. Sie werden ſich ohnſtreitig erinnern, was ich Ihnen bereits in Rückſicht der Verſchiedenheit in den Strahlen zufolge der verſchiedenen Farben erwähnet habe, die ſie verurſachen, d. i. daß ſie von verſchiedenen Graden der Refrangibilität ſind, und daß ſolchergeſtalt die rothmachenden Strahlen am wenigſten, die violetmachenden Strahlen hingegen am meiſten refraktirt werden, alle übrige Strahlen aber innerhalb dieſer zwei Gränzen fallen.

Wenn alſo ein Lichtſtrahl ſchief auf ein Stück Glas ABCD Taf. VII. Fig. 10. fällt, ſo wird er, anſtatt in der nämlichen Richtung PQ fortzugehen, nicht nur refraktirt, ſondern auch in verſchiedene Strahlen Pt, Ps, Pr, Pv getrennt, wovon der erſte Pt, welcher am wenigſten refraktirt wird, den rothmachenden, und der letzte Pv den violetfärbenden Strahl vorſtellt. Ihre Divergenz iſt zwar in der That geringer, als diejenige, welche in dieſem Diagramme angegeben worden iſt, indeſſen aber doch hinreichend, um merklich zu werden.

Von dieſem Unterſchiede in der Refrangibilität der Strahlen entſtehen verſchiedene Erſcheinungen, in Rück-

ſicht der dioptriſchen Gläſer, unter denen folgende zu bemerken ſind.

1. Es ſey PP Taf. VII. Fig. 11. eine konvexe Linſe unter einer beträchtlichen Entfernung AO von dem Gegenſtande Oo, um das Bild zu beſtimmen, welches von der Linſe gemacht wird, ohne die bereits erwähnte Aberration in Rückſicht zu nehmen; oder was einerlei iſt, blos in Rückſicht der Strahlen, welche durch die Mitte der Linſe gehen.

2. Wir wollen annehmen, daß der Gegenſtand Oo roth ſey, und die Strahlen, welche von demſelben ausfahren, alle rothfarbige Strahlen ſind, ſo werden ſie irgendwo ein rothes Bild Rr des Gegenſtands machen, und R wird der Brennpunkt der rothmachenden Strahlen ſeyn, oder derjenigen, welche die geringſte Refraktion haben.

3. Allein wenn der Gegenſtand Oo violet iſt, ſo werden die Strahlen mehr refraktirt werden, und das Bild Vv wird der Linſe näher, und der Punkt V der Brennpunkt dieſer Strahlen ſeyn.

4. Iſt der Gegenſtand von irgend einer der Zwiſchenfarben zwiſchen dieſen beiden, ſo wird das Bild zwiſchen R und V fallen.

5. Iſt hingegen der Gegenſtand nicht von einer homogenen Farbe (oder er ſey weiß), wie es der Fall bei den meiſten Körpern iſt, ſo werden die verſchiedenen Arten der Strahlen durch Refraktion getrennt, und jede Art macht ein Bild insbeſondere; dasjenige, welches von den rothmachenden Strahlen erhalten wird, wird bei Rr gefunden, dasjenige hingegen von violetten Strahlen bei Vv, und der Raum RV wird von Bildern von zwiſchenliegenden Farben ausgefüllt.

6. Das Glas PP wird eine unbeſtimmte Menge von Bildern eines jeden Gegenſtands Oo machen, die in dem

Raume RV ſich befinden werden, und nach der Ordnung der priſmatiſchen Farben liegen.

7. Jedes dieſer Bilder wird an ſich ſelbſt deutlich ſeyn, allein zuſammengenommen erzeugen ſie eine ſehr beträchtliche Verwirrung.

8. Hier iſt alſo eine andre Art von Zerſtreuung, die gar nicht von derjenigen abhängt, deren wir bereits erwähnet haben, und die jedes Bild mit einer beſondern Farbe tingirt.

9. Dieſe Zerſtreuung hängt beſonders ſtark von dem Fokalabſtande der Linſe ab, und beträgt ohngefähr $\frac{1}{28}$ſten Theil; wenn alſo der Fokalabſtand 28 Fuß iſt, ſo iſt der Raum RV gegen 1 Fuß. Wäre die Linſe von 56 Fuß Fokus, ſo würde RV gegen 2 Fuß betragen.

Ich habe Ihnen jetzt eine zweite Quelle oder Urſache des undeutlichen oder unvollkommnen Sehens erklärt; nämlich diejenige, welche von der verſchiedenen Refrangibilität der Strahlen entſpringt, und welche ein verſchiedenes Verfahren der Korrektion in Rückſicht des erſtern Fehlers erfordert, wovon ich dann beſonders handeln werde, wenn wir zu den achromatiſchen Teleſkopen kommen werden; ich will hier nur noch erwähnen, wie der Fehler zum Theil vermittelſt der Einrichtung der Augengläſer verbeſſert werden kann.

1. Es iſt gewiß, daß das Objektglas eine unendliche Menge von Bildern eines jeden Gegenſtandes macht, die alle in dem Raume der Zerſtreuung hinter einander liegen, und deren jedes mit der ihm eigenen Farbe tingirt iſt.

2. Jedes dieſer Bilder wird ein Gegenſtand in Rückſicht des Augenglaſes mit ſeinen ihm zugehörigen Farben; und werden ſtatt eines Augenglaſes mehrere angewendet, ſo findet auch das nämliche Statt.

3. Wir wollen daher in dieſer Figur die letzten Bilder betrachten, welche das Teleſkop für das Auge bei O macht, wo Rr das rothe Bild, und Vv das violette ſey, indeß die andern Farben innerhalb dieſen Raum fallen, je nachdem ihre verſchiedenen Grade der Refrangibilität beſchaffen ſind. Die Linſen ſind in der Figur nicht angegeben, weil wir blos die Art und Weiſe betrachten, in welcher die Bilder von dem Auge geſehen werden, angenommen, daß der Abſtand von dem Auge bis zu denſelben ſehr groß iſt.

4. Alle dieſe Bilder nebſt den zwiſchenliegenden liegen auf der Axe ORV des Teleſkops, und werden von einer geraden Linie rv beſtimmt, die wir die Gränze aller Bilder nennen können.

5. Zufolge der Vorſtellung in der Figur wird das rothe Bild Rr von dem Auge bei O unter dem Winkel ROr geſehen, welcher größer iſt, als der Winkel VOv, unter welchem der violette Strahl Vv geſehen wird; die violetten Strahlen, welche in das Auge treten, werden daher mit den rothen Strahlen vermiſcht, welche von dem Theile Rr des Bildes Rr ausgehen; und folglich giebt es eine ſehr große Verwirrung der Bilder.

6. Allein da der Strahl Or mit den andern nicht vermiſcht wird, ſo wird das Ende oder der Rand des Bildes roth; bald nachher aber wird er mit den andern Farben vermiſcht, und es entſteht ſolchemnach der Regenbogen, welcher bei andern Teleſkopen ſo gemein iſt. Wenn das größte Bild violet wäre, ſo würde die Verwirrung ſo groß ſeyn als vorher, nur mit dem Unterſchiede, daß das äußere Ende violet, und nicht roth wäre.

7. Es hängt daher ein großer Theil der Verwirrung von der Lage der Gränze rv ab, ſo wie denn zufolge der verſchiedenen Lagen, die ihr gegeben werden können,

dieſe Verwirrung zuweilen gröſser, zuweilen geringer ſeyn kann.

8. Wir wollen annehmen, daß die Bilder ſolchergeſtalt geordnet wären, daß die Gränze vr gerade in das Auge durch einen einfachen Strahl vrO ginge, ſo würden alsdann die Enden des Bildes, und alle Punkte, welche einem Punkte in dem Gegenſtande entſprechen, blos einen Punkt in dem Auge machen, und der Punkt des Gegenſtands würde deutlich vorgeſtellt werden.

9. Dieſer Vortheil wird erhalten, wenn die Gränze, indem ſie verlängert wird, gerade in das Auge geht; und eine ſolche Lage muß denn in Rückſicht der Ordnung der Augengläſer geſucht werden.

Ehe wir noch zu den achromatiſchen Teleſkopen übergehen, werde ich mich bemühen, die Beſchaffenheit der Teleſkope mit drei Augengläſern zu erklären, in denen das Bild aufrecht geſehen wird.

1. Es mögen die vier Gläſer A, B, C, D Taf. VIII. Fig. 7. in dem Rohre das Teleſkop vorſtellen; das Glas A, welches gegen das Objekt gerichtet iſt, heißt, wie wir bereits erinnert haben, das Objektglas, die drei übrigen aber heißen Augengläſer, alle vier Gläſer ſind konvex.

2. Wir wollen jetzt die Wirkungen betrachten, die von jedem Augenglaſe erhalten werden, indem wir den Gegenſtand Oo unter einer beträchtlichen Entfernung annehmen. Das Objektglas wird ein Bild des Gegenſtands bei Pp, in ſeinem Brennpunkte machen; die Gröſse dieſes Bildes kann von o durch die Mitte des Glaſes A gefunden werden. Ich habe dieſe Linie nicht gezogen, um wegen der zu groſsen Menge derſelben Verwirrung zu vermeiden.

3. Das Bild Pp wird jetzt ein Gegenſtand in Rückſicht des Augenglaſes B, welches ſo liegt, daß der Zwiſchenraum Bp dem Fokus von B gleich iſt; durch dieſes

wird das zweite Bild nach Qq getragen, nur umgekehrt, eben ſo wie das erſte Pp; ſeine Größe wird durch die Linie beſtimmt, die von der Mitte des Glaſes B durch p gezogen wird.

4. Der Zwiſchenraum AB zwiſchen dieſen zwei Linſen iſt der Summe ihrer Brennpunkte gleich, und macht das bereits erwähnte aſtronomiſche Teleſkop; das Bild iſt umgekehrt, und iſt ſo vielmal vergrößert, als AP größer iſt als BP; allein anſtatt des Augenglaſes werde nun eine andre Linſe C hinter B geſtellt, in Rückſicht welcher Linſe das Bild Qq der Gegenſtand wird, und da dieſer in einer beträchtlichen Entfernung iſt, ſo macht die Linſe C ein Bild davon in ihrem Fokus r.

5. Da das Bild Qq umgekehrt iſt, ſo wird dasjenige von Rr auch umgekehrt, und vermöge einer geraden Linie beſtimmt, die von q durch die Mitte des Glaſes C gezogen, und bei r vorbei gehen wird; folglich geben die drei Linſen A, B, C das Bild des Gegenſtands Oo bei r, welches Bild daher aufrecht ſeyn wird.

6. Sie haben nunmehr blos die dritte Linſe ſo einzulegen, daß der Zwiſchenraum DR dem Brennpunkte gleich ſey. Durch dieſes wird das Bild gleichſam wieder zu einer unendlichen Entfernung Ss übergetragen, von welchem die Größe durch eine gerade Linie beſtimmt werden wird, die durch die Mitte des Glaſes A gezogen wird, und bei dem Ende des Bildes r vorbei geht, wo denn das Bild Ss von dem Auge, anſtatt des Gegenſtands Oo geſehen wird.

7. Es iſt nunmehr leicht zu beſtimmen, wie vielmal ein Teleſkop mit vier Gläſern den Gegenſtand vergrößert. In dieſer Rückſicht haben Sie blos die Linſen in Paaren A, B, und C, D zu betrachten, indem jedes derſelben beſonders genommen, ein aſtronomiſches Teleſkop iſt. Das

erſte Paar Gläſer A und B vergrößert den Gegenſtand ſo vielmal, als der Fokalabſtand von A größer iſt, als derjenige von B, und genau ſo viele male iſt das Bild Qq größer als der Gegenſtand Oo.

8. Qq, jetzt als der Gegenſtand angeſehen, wird um ſo viele male vergrößert, als der Fokus C größer iſt als derjenige von D; dieſe zwei Kräfte zuſammen addirt, geben die ganze Vergrößerungskraft des Teleſkops.

Taf. IV. Fig. 11. iſt eine perſpektiviſche Anſicht eines Modells, welches die Abſicht hat, die Natur eines Teleſkops mit vier Gläſern zu erläutern, welches die Gegenſtände in ihren wahren Lagen zeigt; die Lichtſtrahlen ſind hier durch ſeidne Fäden von verſchiedenen Farben vorgeſtellt, ſo daß ihr Weg leicht vorſtellig gemacht werden kann; ABC iſt der Gegenſtand, DE das Objektglas, IK, MN, QR ſind die Augengläſer, welche ſo geſtellt werden, daß die Brennpunkte von DE und IK ſich in G treffen. Diejenigen von IK und MN können ſich in L treffen, und diejenigen von MN, QR in g. Aus dem Fortgange der Strahlen ſehen Sie, daß das Bild bei HT umgekehrt iſt, daß die Strahlen von IK in einer parallelen Richtung fortgehen, und ſich bei L kreuzen, von wo ſie nach MN gehen, und nachdem ſie hierdurch gegangen, in einen Fokus konvergirt werden, und ein zweites aufrechtes Bild fgh machen, welches von dem Auge in dem Fokus des Augenglaſes QR geſehen wird.

Taf. IV. Fig. 12. iſt ein anderes Modell, welches aus Linſen beſteht, um die Oerter des Bildes wirklich zu unterſuchen.

Summariſche Ueberſicht der Eigenſchaften dieſes Teleſkops.

Die Vergrößerungskraft verhält ſich wie der Fokalabſtand des Objektglaſes zu dem Fokus des Augenglaſes.

Es zeigt den Gegenſtand aufrecht, allein nicht ſo helle wie in dem Teleſkope mit zwei Linſen, weil das andre Augenglas eine beträchtliche Menge Licht reflektirt, die verloren geht.

Die ſichtbare Fläche hängt von der Breite des Augenglaſes ab.

Die Helligkeit eines Gegenſtands, der durch ein gegebenes Teleſkop geſehen wird, iſt nach Verhältniß größer als die Oefnung des Objektglaſes größer iſt.

Wenn die Oefnung und der Brennpunkt des Objektglaſes einerlei bleiben, ſo erſcheint ein Gegenſtand heller oder bläſſer, je nachdem die Fokaldiſtanz der Augengläſer größer oder geringer iſt, d. i. je nach der vergrößernden Kraft; denn die nämliche Menge Licht, die über eine größere oder geringere Oberfläche ſich verbreitet, macht das Bild dunkel oder heller.

Von der Einrichtung und Vergrößerungskraft der Teleſkope mit verſchiedenen Augengläſern.

In der Figur Taf. VIII. Fig. 1. iſt A das erſte, B das zweite, C das dritte, D das vierte, E das fünfte Augenglas und O das Objektglas. DA die Axe des Teleſkops iſt auch die gemeinſchaftliche Axe aller Linſen; Imw ein ſchiefer Büſchel, welcher durch das Objektglas geht, und auf den äußern Rand der Linſe fällt, welche

dem Objektglaſe am nächſten iſt. Ow iſt die Axe des Büſchels (welche durch eine ſtarke ſchwarze Linie bemerkt worden iſt) und als nach und nach in die Linien wv, vt, ts, sr, rx refraktirt angegeben, welche die Axe des Teleſkops (wenn ſie verlängert wird) in den Punkten ε, δ, γ, β, α gehörigermaßen ſchneiden. O iſt der Fokus dieſes ſchiefen Büſchels nach der Refraktion in dem Objektglaſe; e, d, c, b ſind die auf einander folgenden Brennpunkte dieſes Büſchels nach der Refraktion in jedem Augenglaſe. Von jedem dieſer Brennpunkte ziehe man ſenkrechte Linien auf die Axe des Teleſkops, welche ſenkrechte Linien ox, eg, dh, cz, by die Stellen und Größen der auf einander folgenden, theils wirklichen, theils eingebildeten Bilder ſeyn werden; wirklich ſind ſie, wenn ein eigentliches Bild entſteht, ſo daß es ſichtbar ſeyn würde, wenn die Strahlen auf einem weißen Papiere aufgefangen würden; eingebildet hingegen, wenn die Strahlen nach der Refraktion fortgehen, als ob ſie von einem ſolchen Bilde kämen, oder dahin gingen, obſchon dieſes Bild nicht wirklich gemacht wird. Bei einem wirklichen Bilde kommen die Strahlen eines jeden Büſchels wirklich zu einem Fokus. Wenn es eingebildet iſt, ſo divergiren dieſe Strahlen nach der Refraktion von einem ſolchen Fokus, oder konvergiren dahin, werden aber wirklich niemals vereinigt.

Ob nun zwar jede Linſe ihr Bild entweder wirklich oder eingebildet hat, ſo giebt es doch nur zwei wirkliche in der hier verzeichneten Einrichtung, davon das erſte eg umgekehrt, das andre bv aufrecht iſt.

Wenn die Anzahl der wirklichen Bildern gerade iſt, ſo wird der Gegenſtand aufrecht geſehen, iſt hingegen dieſe Anzahl ungerade, ſo iſt der Gegenſtand umgekehrt. Das Teleſkop des Galiläi, wo kein wirkliches Bild iſt, zeigt den Gegenſtand aufrecht; es kann daher bei Inſtrumen-

ten nicht angewendet werden, wo Kreuzfäden erforderlich ſind, weil die Fäden nicht ſolchergeſtalt angebracht werden können, daß ſie nebſt dem Gegenſtande deutlich geſehen werden.

Alles das, was bei der Einrichtung der Teleſkope weſentlich erforderlich iſt, iſt, daß die Strahlen von einerlei Büſchel, welche parallel eintreten, gleichfalls parallel wieder herausgehen, weil der Gegenſtand nur in dieſem Falle deutlich geſehen wird; die Zwiſchenräume und Fokallängen aller Linſen, ausgenommen eine, können willkührlich angenommen werden, von woher denn dieſe eine beſtimmt werden muß. Dieſe Angabe der meiſten Schriftſteller über Optik iſt richtig, wenn auf nichts Rückſicht genommen wird, als auf den Weg einiger wenigen Strahlen, die von einem einzigen Punkte in der Axe des Teleſkops kommen, und wenn es blos verlangt wird, daß die Mitte des Objekts deutlich geſehen werde; allein der Fall iſt ſehr verſchieden, wenn man verlangt, daß alle Theile des Gegenſtands ſo weit geſehen werden ſollen, daß ſie gleichförmig deutlich ſind, denn alsdann muß die Abirrung des äußerſten Büſchels, indem er durch die Augengläſer geht, in Rückſicht genommen werden; und die Anzahl, der Ort und die Fokallängen der Augengläſer müſſen ſo beſchaffen ſeyn, daß die Aberrationen wenigſtens vermindert, wenn auch nicht ganz aufgehoben werden können.

Ich merke hier noch an, daß überhaupt bei einer einfachen Linſe, je größer die Fokallänge, und je geringer die Oefnung iſt, deſto geringer die Aberration der refraktirten Strahlen ſeyn werde. Dieſe Einrichtung iſt daher, wenn alles übrige gleich iſt, die beſte, wo die Augengläſer große Fokaldiſtanzen und geringe Aperturen haben, beſonders diejenigen, welche zu Erhaltung des letzten Bildes dienen. Was die einzelne Linſe anbetrift, wodurch das

letzte Bild geſehen wird, ſo kann dieſe von einer kürzern Fokallänge ſeyn, beſonders wenn ihre Apertur vermindert werden kann; denn obſchon dieſe Linſe die Fehler vergrößert, die bereits in dem letztern Bilde durch das andre Glas begangen ſind, ſo bewirkt ſie doch keine andern Fehler.

Unter den verſchiedenen Arten von Teleſkopen, die mit konvexen Linſen gemacht werden, und die Abſicht haben, die Gegenſtände aufrecht darzuſtellen, ſind diejenigen mit vier oder fünf Gläſern denjenigen von wenigern Gläſern weit vorzuziehen. Je weniger Linſen ſich in dem Augenrohre befinden, deſto größer muß die Refraktion der äuſſerſten Büſchel einer jeden Linſe ſeyn, angenommen, daß die Summe aller Refraktionen, oder die ganze Veränderung in der Richtung der Büſchel einerlei bleibt. Denn obſchon die Anzahl der Refraktionen vermehrt wird, ſo wird doch, wenn die Größe einer jeden Refraktion verhältnißmäßig vermindert wird, die Summe aller Aberrationen in dieſen Büſcheln ſehr vermindert werden; und der Verluſt des Lichts, ſo wie es durch mehrere Gläſer geht, wird ſehr unbeträchtlich ſeyn.

Zufolge dieſes Grundſatzes findet man, daß ein Gegenſtand, welcher durch zwei doppelt konvexe Linſen beide von einer Größe, und dicht an einander liegend, geſehen wird, an den Rändern dieſer Linſe deutlicher erſcheint, als als wenn er durch eine Linſe betrachtet wird, deren Fokallänge gleich derjenigen der zwei ſolchergeſtalt mit einander verbundenen iſt: eben ſo ſtellen zwei plankonvexe Linſen einen Gegenſtand an ihren Rändern deutlicher vor, wenn ſie mit ihren konvexen Seiten ſo mit einander verbunden werden, daß ſie einander berühren, als auf andre Art. Auf dieſe Art können denn die Aberrationen von der Figur der Augengläſer ſehr vermindert werden, wenn

man die Anzahl vermehrt, und die Menge der verſchiedenen Refraktionen vermindert.

Die Linſe E, welche die Strahlen unterbricht, ehe das erſte Bild entſteht, vermindert die vergrößernde Kraft, allein ſie vervollkommt die Deutlichkeit des Teleſkops, indem der Durchmeſſer der Oefnungen der tiefen Linſen D und C vermindert wird. Der äußerſte Büſchel OW, welcher von O divergirt, indem er durch dieſe Linſe in WV refraktirt wird, wird gegen die Axe des Teleſkops konvergirend gemacht, ſo daß er verlänget ſie bei E treffen würde. Auf dieſe Art wird der Halbmeſſer der Linſe D auf DV zurückgebracht, dahingegen wenn das erſte wirkliche Bild bei Ox blos durch das Augenglas wäre gemacht worden (indem der äußerſte Büſchel Oo in dieſem Falle fortfährt zu divergiren) der Halbmeſſer DV größer geweſen ſeyn müßte, als das Bild Ox, um das nämliche Feld einzunehmen.

Die Strahlen, welche zu dieſem und jedem andern Büſchel gehören, und von eg, dem erſten wirklichen Bilde, divergiren, müſſen wieder vermittelſt der zwei Linſen D und C konvergirend gemacht werden, damit ein zweites wirkliches Bild aufrecht erhalten werden könne. Zwei Linſen werden zu dieſer Abſicht angewendet, weil die Fehler in dem zweiten Bilde durch ihre entgegengeſetzten Refraktionen werden vermindert werden; angenommen alſo, daß ihre Konvexitäten gleich ſind, und daß die Strahlen dieſes Büſchels (nach vt refraktirt) parallel oder beinahe ſo zwiſchen den Linſen D und C gehen, ſo iſt offenbar, daß die Fokallänge von D der Diſtanz ev (= gD) gleich oder beinahe ſo ſeyn müſſe; die Linſen D und C daher, welche eine kürzere Fokallänge haben, werden auf keine Art eine Oefnung zulaſſen, deren Halbmeſſer größer iſt als ox. Man wird ferner bemerken, daß, da dieſer Büſchel

zuerſt von der Axe des Teleſkops in den Winkel wOE und vδD durch die Dazwiſchenkunft der Linſe E divergirte, dieſe Veränderung durch zwei Refraktionen (bei w und v) gemacht wird, welches außerdem blos durch die Refraktion der Linſe D allein müßte geſchehen ſeyn.

Auf gleiche Art vermindert die andre Linſe B, welche die Strahlen genau vorher unterbricht, ehe das zweite wirkliche Bild gemacht wird, in der That die vergrößernde Kraft, macht aber das Teleſkop deutlicher. Der äußerſte Büſchel, den wir betrachtet haben, divergirt nach der Refraktion bei t durch die Linſe c von der Axe des Teleſkops, und geht fort, als ob er von dem Punkte γ käme; allein da er durch die Linſe B in sr refraktirt wird, ſo wird er konvergirend gemacht, ſo daß, wenn er fortgeführt würde, er die Axe des Teleſkops in β treffen würde. Dies vermindert das letzte Bild, und bringt es von cz bis by zurück; und da es dasjenige Bild iſt, welches von dem Auge durch das Augenglas A geſehen wird, ſo vermindert die Dazwiſchenkunft der Linſe B die Vergrößerungskraft, indeß das Augenglas A das nämliche bleibt. Da der äußerſte Büſchel Sv ſolchergeſtalt gegen das Augenglas A konvergirt, ſo wird der Halbmeſſer dieſes Glaſes auf Ar zurückgebracht, dahingegen wenn die Linſe B nicht dazwiſchen geſetzt worden wäre (indeß der äußerſte Büſchel tsc fortfährt von γ zu divergiren) ſo müßte der Halbmeſſer dieſes Augenglaſes größer geweſen ſeyn als das Bild cz., um das ganze Feld einzunehmen. Da eine geringe Oefnung des Augenglaſes A hinreichend iſt, das ganze Feld einzunehmen, wenn die Büſchel ſolchergeſtalt konvergirend darauf fallen, ſo kann dieſe Linſe von einer kürzern Fokallänge ſeyn; und ſolchergeſtalt für den Verluſt der Vergrößerungskraft durch die Dazwiſchenſtellung der Linſe B Erſatz leiſten, ohne die Aberration der äußerſten Büſchel zu vermehren.

Sie können dieſes durch einen Verſuch erfahren, wenn Sie das zweite Augenglas herausnehmen, und ſodann das Rohr ausziehen, um durch das Teleſkop deutlich zu ſehen, wo Sie die Vergrößerungskraft vermehrt, das Feld vermindert, und vielleicht nahe an den Rändern undeutlich finden werden.

Von den achromatiſchen Teleſkopen.

Um dieſen Gegenſtand vollkommen deutlich auseinanderzuſetzen, werde ich Sie an einige derjenigen Grundſätze erinnern müſſen, welche bereits erklärt worden ſind. So wiſſen Sie, daß ein Lichtſtrahl, der refraktirt worden, indem er durch Medien von verſchiedenen Dichtigkeiten geht, zu gleicher Zeit verhältnißmäßig in eine Menge Theile getheilt oder ausgebreitet wird, die homogene Strahlen genannt werden, und deren jeder die erweckende Urſache einer verſchiedenen Farbe iſt; und daß dieſe Strahlen nach der Refraktion divergirend fortgehen.

Daß ein Lichtſtrahl, welcher ſchief aus einem dünnern in ein dichteres Medium übergeht, gegen die ſenkrechte Linie, hingegen aber, wenn er aus einem dichtern in ein dünneres Medium geht, von der ſenkrechten Linie abwärts refraktirt werde.

Daß wenn ein Lichtſtrahl aus Luft in ein gegebenes Medium, oder aus einem gegebenen Medium in Luft refraktirt wird, die Sinus der Winkel des Einfalls und der Refraktion in einem bleibenden Verhältniß ſind.

Allein da Licht aus Theilen beſteht, die verſchiedentlich refrangibel ſind, ſo hat jeder Theil eines urſprünglichen oder zuſammengeſetzten Strahls ein Verhältniß, was ihm ſelbſt eigen iſt, ſo wie denn, je mehr der heterogene

Strahl refraktirt wird, um ſo mehr die färbenden Strahlen divergiren werden, da die Sinus der homogenen Strahlen unveränderlich ſind, und gleiche Refraktion gleiche Divergenzen erzeugt.

Hieraus iſt Ihnen auch gezeigt worden, daß die Strahlen, wenn ſie durch eine konvexe Linſe gehen, anſtatt ſich in einen Fokus zu vereinigen, ſo viele Brennpunkte von verſchiedenen Diſtanzen bilden, als es gefärbte Strahlen giebt; daß daher die priſmatiſchen Farben oder Regenbogen, welche gegen die Ränder der konvexen Linſen erſcheinen, die Bilder undeutlich machen.

Die Undeutlichkeit des Sehens, welche von dieſer Urſache herkommt, und bei Teleſkopen von einer geringen Apertur ſchon merklich iſt, wächſt nach einem ſo großen Verhältniſſe, wenn man die Oefnung vergrößert, nämlich wie die Würfel der Durchmeſſer, daß ehe man Mittel kannte, dieſe Verwirrung der Farben zu verbeſſern, es unmöglich war, das Vergrößerungsvermögen der refraktirenden Teleſkope ſehr zu erhöhen, ohne ihre Länge zu einer ganz unbehülflichen Größe auszudehnen.

Es war bereits vor Herrn Dollond bekannt, daß verſchiedene durchſichtige Körper ſowohl eine größere als geringere refraktirende Kraft beſäßen, daher man auch als erwieſen angenommen, bis er das Gegentheil entdeckte, daß die zerſtreuende Kraft des gefärbten Strahls in jedem durchſichtigen Körper ſeiner mittlern refraktirenden Kraft verhältnißmäßig wäre; oder mit andern Worten, daß die Refraktion der gefärbten Strahlen, durch welchen Körper ſie auch gingen, jederzeit in einem beſtimmten Verhältniſſe zu einander wären. Folglich, wenn der Zerſtreuung, die von einer konvexen Linſe erzeugt würde, durch eine andre Linſe oder Medium von konkaver Form entgegengewirkt würde, dieſe Refraktion

ſodann ganz aufgehoben werden könnte; und daß dies der Fall ſeyn würde, wenn ſelbſt die zwei Linſen von einerlei Materie gemacht würden. Nach dieſer Vorausſetzung war es freilich ganz unmöglich dieſen Fehler in den dioptriſchen Teleſkopen zu verbeſſern.

Indeß nun die Optiker in dieſer Meinung fortfuhren, daß gleiche Refraktionen bei jeder Art von Medium nothwendig gleiche Divergenzen erzeugen würden, und daß folglich gleiche und entgegengeſetzte Refraktionen einander aufheben dürften, und ſo die Farben-Divergenz von einer Refraktion durch die andre verbeſſert werden würde, ſo konnte keine Möglichkeit Statt finden, irgend eine Refraktion zu bewirken, die nicht von der verſchiedenen Refrangibilität des Lichts litte. Denn wie auch ein Lichtſtrahl durch verſchiedene Medien vor- oder rückwärts refraktirt werden möchte, vorausgeſetzt, daß es ſo geſchähe, daß der ausfahrende Strahl dem einfallenden parallel wäre, ſo würde er immer weiß oder farbenlos ſeyn; allein führe er gegen den einfallenden Strahl geneigt heraus, ſo würde er divergiren, und jederzeit nachher gefärbt ſeyn.

Dieſe irrige Vorausſetzung wurde durch einen Verſuch des Newton unterſtützt, als er zwei Priſmen, davon eines von Glas gemacht worden, und innerhalb einem priſmatiſchen Gefäße ſich befand, das mit Waſſer gefüllt worden, ſolchergeſtalt legte, daß die Lichtſtrahlen, welche durch das Priſma von Glas refraktirt wurden, durchgehen, und in einer entgegen geſetzten Richtung refraktrt werden mußten, welches unter einem eben ſo großen Grade durch das Waſſerpriſma erfolgte; durch dieſe Mittel, ſagt er, war das Licht, welches ſolchergeſtalt in ſeiner urſprünglichen Richtung wieder hergeſtellt worden, weiß und frei von Farben.

Im Jahr 1757 wiederhohlte Herr John Dollond dieſen berühmten Verſuch des Newton über die Refraktion eines Lichtſtrahls durch Priſmen von Glas und Waſſer, die mit ihren refraktirten Winkeln in entgegengeſetzte Richtungen gelegt, und ſo gegen einander verhältnißmäßig gemacht wurden, daß der Strahl nach dieſen entgegengeſetzten Refraktionen parallel mit dem einfallenden Strahle ausfuhr. Zufolge der Newtonſcher Lehre hätte hier keine Divergenz der heterogenen Strahlen Statt finden, und keine Farbe durch dieſe gleichen und entgegengeſetzten Refraktionen erzeugt werden ſollen.

Allein dirs war das Reſultat des Verſuchs keineswegs; denn der Strahl war merklich gefärbt. Da nun Dollond fand, daß entgegen geſetzte Refraktionen eine Farbe ohnerachtet des Paralleliſmus des einfallenden und ausfahrenden Strahls erzeugen, ſo ſchloß er, daß vermöge gehörig eingerichteter Winkel er eine Neigung des refraktirten zum einfallenden Lichte bewirken dürfte, das ohne alle Farbe oder Divergenz ſey. Der Verſuch beſtätigte die Folgerung als richtig.

Ich muß hier noch bemerken, daß man von denjenigen Medien ſagt, daß ſie einerlei mittlere refraktirende Dichtigkeit haben, die unter gleichen Obliquitäten des Einfalls den mittlern refrangibeln Strahl gleichmäßig refraktiren; und von zwei Medien, daß ſie einerlei Zerſtreuungskraft beſitzen, welche eine gleiche Neigung der Strahlen von einerlei Farbe für den mittlern refrangibeln Strahl erzeugen, wenn die ganze Refraktion des mittlern refrangibeln Strahls in beiden gleich iſt.

Es werde der Vertex eines Priſma von Flintglas, deſſen refraktirender Winkel 23° 40′ gleich iſt, an die Baſis eines Priſma von Kronglas gelegt, deſſen refrakti-

render Winkel gleich 25° iſt, ſo wird ein Lichtſtrahl von der Sonne durch die Priſmen gehen, wenn ihre Oberflächen an einander liegen, allein der ausfahrende Strahl wird gefärbt ſeyn.

Der Strahl wird angenommen, daß er ſenkrecht auf die Oberfläche des Priſma falle, deſſen refraktirender Winkel der größte iſt.

Die Lage der Priſmen bei dieſem Verſuche iſt ſo, daß die Wirkungen der Refraktion auf den Parallelismus der homogenen Strahlen, welche durch ſie gehen, einander entgegen geſetzt ſind, und folglich, wenn ſie gleich wären, die Strahlen parallel ausfahren würden. Allein das Priſma von Flintglaſe überwiegt vermöge ſeiner größern zerſtreuenden Kraft die Trennung der Strahlen, die vermöge ihres Durchgangs durch das erſte Priſma bewirkt wird, und gleich $38\frac{1}{2}$ Minuten war; und durch Umkehrung der Ordnung der Farben macht es die rothen und violetten Strahlen unter einem Winkel von $12\frac{1}{2}$ Minuten gegen einander geneigt ausfahrend, der hinreichend groß iſt, um eine merkliche priſmatiſche Färbung der ausfahrenden Strahlen zu erzeugen.

Wenn alles wie im letztern Verſuche bleibt, ſo werde der Vertex eines Priſma von Kronglas, deſſen refraktirender Winkel 10° iſt, an die Baſis eines Priſma von Flintglaſe gelegt. Wenn nun ein Strahl des Sonnenlichts durch die drei Priſmen geht, wenn ihre Oberflächen an einander liegen, ſo wird der ausfahrende Strahl gegen 5° 37′ von dem Wege des einfallenden Strahls abweichen, allein er wird farbenlos ſeyn.

In dieſem Falle machen die zwei Priſmen von Kronglas, die den Strahl in einerlei Richtung refraktiren, daß er von dem Wege des einfallenden Strahls gegen 5° 37′ mehr abweicht, als die Abweichung in der entgegengeſetzten Richtung, die von der Refraktion des Priſma von Flintglaſe entſteht.

Allein das Priſma von Flintglaſe wirkt vermöge ſeiner ſtärkern zerſtreuenden Kraft genau der Trennung der Strahlen entgegen, die vermöge der Refraktion durch die zwei andern Priſmen verurſacht worden, ſo daß die homogenen Strahlen endlich parallel, und folglich farbenlos herausfahren.

Nun war es eben dieſes, was fehlte; denn Sie haben geſehen, daß die Schwierigkeit, welche vornämlich die Vervollkommung der Teleſkope hinderte, darin beſtand, einen Strahl ſo zu refraktiren, indeß er beträchtlich von ſeinem urſprünglichen Wege abwich, daß der Zerſtreuung der homogenen Strahlen entgegen gewirkt werden möchte, und daß hierdurch ſie alle parallel, und folglich frei von Farbe ausfahren könnten; dieſes wird nun, wie ſie leicht einſehen, durch eine Verbindung durchſichtiger Subſtanzen bewirkt, deren refraktirende und zerſtreuende Kräfte verſchieden ſind.

In dieſem Verſuche gehen die Strahlen der mittlern Refrangibilität unter einem Refraktionswinkel gleich 16° 57′ heraus.

Fiele ein Sonnenſtrahl auf die Oberfläche des zuletzt angewendeten Priſma unter einem Winkel des Einfalls gleich 16° 57′, ſo würde der Winkel der Zerſtreuung nach dem Herausfahren in Luft gleich 12¼° ſeyn.

Allein es wurde in dem vorigen Verſuche gezeigt, daß die Zerſtreuung der Strahlen, die von den zwei Priſ-

men herausgingen, gleich $12\frac{1}{2}°$ war; aus welcher Urſache (und wegen der entgegengeſetzten Lage der Priſmen) die rothen und violetten ausfahrenden Strahlen ſich gegen einander unter einem Winkel von $12\frac{1}{2}$ neigten, und indem ſie auf das dritte fallen, aus demſelben farbenlos refraktirt werden.

Man ſieht alſo, daß zwei Arten von Glas zu achromatiſchen Teleſkopen erforderlich ſind, deren eine Art ſo wenige, und die andre ſo große zerſtreuende Kräfte im Verhältniß zu ihrem mittlern refraktirenden Strahl beſitzen muß, als nur erhalten werden kann.

Der Unterſchied der Gläſer in dieſer Rückſicht hängt von der Eigenſchaft der Ingredienzien ab, welche bei ihrer Zuſammenſetzung angewendet werden.

Kronglas, welches aus Sand beſteht, der vermittelſt Aſche von Seepflanzen, der Barille oder Kelp zuſammen geſchmolzen worden, von welchen beiden Flüſſen bekannt iſt, daß ſie aus vegetabiliſcher Erde, Alkali und Mittelſalzen beſtehen, hat man gefunden, daß es die geringſte zerſtreuende Kraft giebt.

Plattglas, welches aus Sand beſteht, der vermittelſt eines fixen Alkali mit einiger oder gar keiner vegetabiliſchen Erde zuſammen geſchmolzen worden, giebt eine größere zerſtreuende Kraft.

Die zerſtreuende Kraft des Flintglaſes iſt ungleich größer, als irgend einer andern Art, und beſteht aus Sand, der vermittelſt einer Miſchung von Mennige und fixem Alkali zuſammen geſchmolzen worden. Es iſt daher wahrſcheinlich, daß Mennige und andre metalliſche Kalke die größte zerſtreuende Kraft geben, und daß Alkalien deren mehr als Vegetabilien oder wahrſcheinlich jede andre Erde beſitzen.

Man lege ein Priſma von Kronglas, deſſen refraktirender Winkel 30 ° iſt, dichte auf ein Priſma von Flintglas, deſſen refraktirender Winkel 19 ° iſt, mit den Scheiteln der Priſmen in entgegengeſetzten Richtungen, ſo wird ein Sonnenſtrahl, welcher dadurch refraktirt wird, von dem Wege des einfallenden Strahls abweichen, wird aber nicht in gefärbte Strahlen getrennt werden.

Man ſieht hier, daß die zwei Priſmen gleichmäßig auf den Parallelismus der homogenen Strahlen wirken, die durch ſie durchgehen, und daß, ſo wie dieſe Wirkungen vermöge der Lage der Priſmen einander zu berichtigen bemühet ſind, die homogenen Strahlen, nachdem ſie durch dieſelben refraktirt worden, parallel und farbenlos herausgehen.

Herr Dollond überlegte nun, daß ſo wie ein Strahl frei von Farbe durch einen Keil refraktirt werde, es auch der Fall durch eine Linſe ſeyn dürfte. Wenn ein Bild eines Gegenſtands vermittelſt einer konvexen Linſe entſteht, ſo erſcheint es gefärbt, welches von der Zerſtreuung der Strahlen durch die Refraktion herkommt; da nun alſo Strahlen ohne Zerſtreuung durch Priſmen refraktirt werden können, ſo ſahe er denn jetzt ein, daß dies auch vermittelſt einer Verbindung von Linſen erhalten werden dürfte. Auch gelang es ihm wirklich, als er bedachte, daß um zwei ſphäriſche Gläſer zu machen, die das Licht in entgegengeſetzten Richtungen refraktirten, wie in den zwei Keilen, das eine konkav, das andre konvex ſeyn müßte; und da die Strahlen gegen einen wirklichen Fokus konvergiren müſſen, ſo müſſe der Ueberſchuß der Refraktion in der konvexen Linſe ſeyn, weil dieſe die Strahlen konvergirend, dahingegen die konkave Linſe ſie divergirend macht. Auch müſſe die konvexe Linſe, da ſie

am meiſten refraktiren müſſe, von Kronglas gemacht werden, wie man aus den Verſuchen mit Keilen ſieht, und die konkave Linſe von weißem Flintglaſe. Ferner ſo wie der Winkel der Zerſtreuung umgekehrt ſich wie die Fokallänge beinahe, zufolge der Grundſätze der Optik verändert, ſo verändert ſich auch der Winkel der Zerſtreuung wie die zerſtreuenden Kräfte; wenn daher die Fokallängen umgekehrt genommen werden, wie die zerſtreuenden Kräfte, die man aus den zwei Keilen gefunden, ſo werden die Winkel der Zerſtreuung gleich ſeyn, und da ſie in entgegengeſetzten Richtungen ſind, ſo werden ſie einander verbeſſern, ſo daß die verſchiedene Refrangibilität des Lichts dadurch aufgehoben wird.

Zufolge dieſes Grundſatzes war denn nunmehr Herr Dollond vermögend, eine zuſammengeſetzte Linſe zu machen, die ein Bild frei von Farben gab, und brachte daher das refraktirende Teleſkop zur Vollkommenheit, welches denn die Gegenſtände mit großer Deutlichkeit und mit ihren wahren Farben zeigte. Anſtatt das Objektglas aus einer konvexen Linſe von Kron- und einer von Flintglaſe zu machen, bedient man ſich zweier konvexen Linſen aus Kronglaſe, wozwiſchen die konkave Linſe von Flintglas gelegt wird. Dieſe Einrichtung des Objektglaſes hat auch die Abſicht, den Fehler zu berichtigen, welcher von der ſphäriſchen Form der Linſe entſteht; denn da die Strahlen an dem Rande der konvexen Linſe gegen einen Fokus gehen, der der Linſe näher iſt als diejenigen von der Mitte, ſo wird die konkave Linſe, welche die Strahlen am Rande mehr divergirend macht, als diejenigen aus der Mitte, der obigen Wirkung entgegen ſeyn, und die Strahlen unter allen Entfernungen von dem Mittelpunkte der Linſe zu einem Fokus mehr gedrängt an einander bringen. Vermittelſt einer gehörigen Einrichtung der Brennpunkte kann denn die Diffuſion der Strahlen in dem

Fokus unbeträchtlich gemacht werden. Teleſkope, die nach dieſer Art eingerichtet ſind, werden achromatiſch genannt.

Dieſe Entdeckung des Herrn Dollond war ſo auffallend, und allen bisher angenommenen Grundſätzen ſo entgegen, daß ſie anfangs von Herrn Euler nicht geglaubt wurde. Endlich aber machte Herr Zeiher zu Petersburg Verſuche, die denjenigen des Herrn Dollond ähnlich waren, und überzeugte auf dieſe Art Herrn Euler von der Richtigkeit derſelben. Auch zeigte er, daß es das Blei ſey, deſſen man ſich bei einigen Miſchungen des Glaſes bedient, welches dieſe außerordentliche Eigenſchaft zu Vermehrung der Zerſtreuung der äußerſten Strahlen bewirke, ohne merklich die Refraktion der mittlern zu verändern.

Euler war aufrichtig genug, in einer Abhandlung, die in der Akademie der Wiſſenſchaften zu Berlin im Jahr 1764 verleſen wurde, zu geſtehen, daß er anfangs der Nachricht keinen Glauben beigemeſſen habe, und geſtand hierdurch Herrn Dollond das Verdienſt der Erfindung zu. Demohnerachtet ſchreiben Herr Delalande in ſeiner Aſtronomie und Herr Fuß in ſeiner Lobſchrift auf Herrn Euler dieſe Erfindung dem Herrn Euler zu. Herr Peter Dollond hat indeſſen vollkommen bewieſen, daß dieſe Entdekkung dem Herrn John Dollond zugehöre *).

In der nämlichen Abhandlung hat Herr Dollond die Gründe gezeigt, welche den Newton verhinderten, die

*) Some account of the diſcovery by the late Mr. J. Dollond, which led to the great improvement of refracting teleſcopes by Mr. P. Dollond. Ich habe dieſe Abhandlung in meiner Sammlung von Inſtrumenten vollſtändig aufgenommen. G.

nämlichen Folgerungen zu machen; daß es nämlich von der Glasart hergekommen, deren er ſich bedient habe, ſo daß ſeine Wahrheitsliebe ganz erwieſen iſt, ſo wie denn die Verſuche, wenn ſie mit der nämlichen Glasart angeſtellt werden, denjenigen des Herrn Newton genau entſprechen. Zu ſeiner Zeit waren die Engländer in Verfertigung der Teleſkope nicht ſehr berühmt, da deren viele aus Venedig übergeführet wurden. Das Glas, welches aus dieſem Orte kam, war beinahe von der nämlichen refraktirenden Eigenſchaft wie unſer Kronglas, nur von einer beſſern Farbe. Es iſt wahrſcheinlich, daß Newtons Priſmen von dieſem Glaſe waren, weil er der ſpezifiſchen Schwere des gemeinen Glaſes zum Waſſer wie 2, 58 zu 1 erwähnet, welches beinahe demjenigen des Kronglaſes entſpricht. Herr Dollond machte auch ein Priſma von einem Stücke dieſes Glaſes, und als er einen Verſuch damit anſtellte, fand er ihn ſehr nahe demjenigen entſprechend, was Newton anführt, indem der Unterſchied blos davon herrührte, daß daſſelbe Glas zu verſchiedenen Zeiten gemacht worden.

Von den reflektirenden Teleſkopen.

Sir John Pringle in ſeiner Abhandlung für die Königliche Societät über das reflektirende Teleſkop eignet den erſten Gedanken davon dem Merſenne zu, welcher dem Deskartes ein Teleſkop mit Spiegeln verſchiedene Jahre vor der Erfindung des Gregory vorgeſchlagen, obſchon in der That auf eine ſo ungenügſame Art, daß Deskartes, welcher beſonders auf Vervollkommung des Teleſkops große Aufmerkſamkeit verwendet hatte, weit entfernt war, den Vorſchlag zu genehmigen, und ſich daher bemühte, den Merſenne von der Trüglichkeit zu überführen.

Gregory wurde zu dieſer Erfindung geleitet, als er ſich bemühete, die Unvollkommenheiten des gewöhnlichen Teleſkops zu verbeſſern; die erſte war, ſeine allzugroße Länge, die es zum Gebrauche zu unbehülflich machte; die zweite der Fehler im Bilde. Man hat bewieſen, daß ein Strahlenbüſchel in einem einzelnen Punkte durch eine ſphäriſche Linſe nicht geſammelt werden kann, und daß auch das durch eine ſolche Linſe durchgelaſſene Bild in gewiſſem Grade gekrümmt ſeyn würde.

Dieſe Unbequemlichkeiten glaubte er dürften wegfallen, wenn man ſtatt des Objektglaſes einen Spiegel von paraboliſcher Geſtalt anwendete, um das Bild aufzunehmen, und es ſodann gegen einen kleinen Spiegel von dem nämlichen Metalle zu reflektiren; dieſer reflektirte denn das Bild zu einem Augenglaſe, welches hinter dem großen Spiegel ſtände, der zu dieſer Abſicht in ſeiner Mitte durchbrochen worden.

Allein da Gregory ſelbſt kein Mechanikus war, und auch keinen Arbeiter finden konnte, der im Stande geweſen wäre, ſeine Erfindung in Ausführung zu bringen, ſo gab er nach einigen fruchtloſen Verſuchen ſeine Nachforſchungen dieſerwegen auf. So wie denn wahrſcheinlich, wenn nicht einige neuere Entdeckungen in Licht und Farben gemacht worden wären, an ſein reflektirendes Teleſkop nicht weiter wäre gedacht worden, wenn man die Schwierigkeiten bedenkt, die bei der Ausführung Statt finden, ſo wie die geringen Vortheile, die davon nach den Grundſätzen herzuleiten waren, die damals in der Optik bekannt waren.

Allein Newton, deſſen glückliches Genie für Experimentalkenntniß mit demjenigen für Geometrie gleiche Epoche machte, und welcher nebſt dieſen Talenten in einem hohen Grade Geduld und mechaniſche Geſchicklichkeiten

verband, ſetzte ſich dazwiſchen, und rettete dieſe edle Erfindung von dem nahen Untergange.

Es geſchahe nämlich, daß als er bemüht war, Linſen von der Figur einer koniſchen Sektion zu ſchleifen, er eben damals die Farben unterſuchte, die von einem Priſma gemacht werden, und da er vermittelſt dieſes einfachen Inſtruments die nie zu vergeſſende Entdeckung von der verſchiedenen Refrangibilität der Lichtſtrahlen machte, ſo ſahe er denn wohl ein, daß die Fehler der Teleſkope, welche von dieſem Umſtande allein entſtehen, hundertmal gröſser wären, als ſolche, welche von der ſphäriſchen Figur der Linſen entſtünden. Dies nöthigte Newton gleichſam auf Gregory's Weg einzuſchlagen, und ſeine Gedanken auf die Reflektionen zu wenden. Wenn nun alſo auch Newton nicht der erſte Erfinder des reflektirenden Teleſkops war, ſo iſt er doch gewiß der Haupterfinder und Ausführer derſelben.

So ging denn gegen das Jahr 1668 oder zu Anfange des folgenden Jahrs, Newton, der ſolchergeſtalt genöthiget war, zu Reflektoren ſeine Zuflucht zu nehmen, und ſich auf keinen Künſtler verlaſſen konnte, der ihm die Spiegel verfertiget hätte, jetzt ſelbſt zu Werke, und brachte noch wirklich im Jahr 1673 zwei kleine reflektirende Teleſkope zu Stande. Eines davon ſchenkte er der Königlichen Societät, und theilte derſelben zu gleicher Zeit eine vollſtändige und hinreichende Nachricht von deſſen Bauart und Einrichtung mit, von welcher er auch der Schuldigkeit gemäß in Rückſicht eines ſo ſonderbaren und ſchätzbaren Geſchenks allen Dank erhielt.

Allein ſo vortreflich auch die Einrichtung war, ſo ſehr ſie auch dem Publikum verkündigt wurde, ſo geſchahe es doch, es ſey nun, daß die Künſtler vermöge der

Schwierigkeit und Mühe bei der Bearbeitung abgeſchreckt wurden, oder daß ſelbſt die Entdeckungen eines Newton nicht von dem allgemeinen Schickſale frei waren, welches große und nützliche Erfindungen begleitet, daß nämlich außer einem ungenügſamen Verſuche, den die Königliche Societät unternahm, wozu ſie einen Künſtler gebrauchte, die Newtonſche Einrichtung nachzuahmen, und außer einem verkappten Gregoryſchen Teleſkope, welches auswärts von Caſſegrain, dem Nebenbuhler des Newton, aber nur allein in der Theorie angegeben worden, (denn es iſt von dem Urheber niemals in Ausführung gebracht worden) beinahe ein halbes Jahrhundert nachher von keinem Reflektor Erwähnung geſchehen iſt. Nach Verlauf dieſer Zeitperiode erſchien indeſſen ein reflektirendes Teleſkop nach Newtonſcher Bauart gebauet, von dem der verehrungswürdige Erfinder, ehe er noch ſeine ſo beſonders ausgezeichnete Laufbahn vollendete, die Zufriedenheit hatte, es ſo ausgeführt zu ſehen, daß weiter nicht zu fürchten war, daß die Erfindung länger in der Dunkelheit begraben liegen bleiben würde.

Vermöge der Geſchicklichkeit, dem Genie und der Ausführung des Herrn Hadley, des Erfinders des reflektirenden Quadranten, eines andern höchſt ſchätzbaren Inſtruments, geſchahe die Verfertigung deſſelben. Die zwei Teleſkope, welche Newton gemacht hatte, waren nur 6 Zoll lang, und an Vergrößerungskraft gleich einem 6 füßigen Refraktor. Hadley's Teleſkop war über 6 Fuß lang, und kam dem berühmten aeriſchen Teleſkope des Huyghens von 123 Fuß Länge gleich.

Ich bemerke hier noch, daß Sir J. Newton ſein Teleſkop der Königlichen Societät überſandte, eben als er in der Societät aufgenommen zu werden wünſchte, und ſich dabei folgendermaßen ausdrückte, „daß wenn ihn die Wahl treffen ſollte, er ſich bemühen würde, ſeine Dankbarkeit zu bezeigen,

und alles das mittheilen wolle, was ſeine geringen und einſamen Bemühungen bewirken könnten, um ihre philoſophiſchen Abſichten zu befördern.“ So groß war die Beſcheidenheit des Mannes, welcher die Ehre der Geſellſchaft, der Nation und der Welt ward.

Von dem Gregoryſchen reflektirenden Teleſkope.

Der Gregoryſche Reflektor beſteht aus zwei konkaven Spiegeln, und zwei plankonvexen Linſen für die Augengläſer.

TTTT Taf. VIII. Fig. 2. iſt eine zilindriſche Röhre; an dem Boden derſelben iſt ein konkaver metallener Reflektor oder Spiegel DUVF befindlich, welcher in der Mitte eine Oefnung hat.

Gegen dem andern Ende befindet ſich ein kleiner konkaver Spiegel L, welcher von einem Arme M getragen wird, der willkührlich näher zu dem großen Spiegel bewegt, oder weiter davon abgezogen werden kann.

Dieſe zwei Spiegel liegen parallel gegen einander; der kleine iſt insgemein etwas größer als die Oefnung in dem großen Spiegel.

An dem Boden der zilindriſchen Röhre, und genau dem Loche in dem großen Spiegel gegenüber iſt eine kleine meſſingene Röhre $\alpha\beta\delta\varepsilon$, welche die Augengläſer enthält; an dem vordern Ende dieſer Röhre iſt eine ſehr kleine Oefnung, an welche das Auge angelegt wird.

Nachdem wir nun ſolchergeſtalt die Einrichtung erklärt haben, ſo können wir denn nunmehr fortfahren die optiſche Wirkung dieſes Inſtruments näher zu unterſuchen.

1. Wenn das ofne Ende der zilindriſchen Röhre genau gegen den Gegenſtand gerichtet wird, von dem wir

vorausſetzen, daß er entfernt ſey, ſo können die Strahlen, welche davon ausfahren, als parallel gegen einander angeſehen werden; und indem ſie rückwärts durch den großen konkaven Spiegel reflektirt werden, ſo werden ſie ein Bild des Gegenſtands in deſſen Fokus machen, welches zufolge der Figur offenbar umgekehrt gefunden wird.

So möge O alle Strahlen vorſtellen, welche von dem Punkte B des Gegenſtands ausfahren, und E den Strahlenbüſchel, welcher von dem Punkte A ausfährt.

Die Strahlen O, welche parallel auf den großen Spiegel fallen, werden von daher reflektirt, und konvergiren in der Richtung DG; und indem ſie ſich bei I, dem Hauptfokus des Spiegels kreuzen, ſo werden ſie das obere Ende des umgekehrten Bildes IK machen, welches dem untern Ende B des Gegenſtands AB ähnlich iſt.

Auf gleiche Art werden die Strahlen E, welche von oberhalb des Gegenſtands kommen, und auf den großen Spiegel bei F fallen, von da konvergirend zu deſſen Fokus reflektirt, wo ſie das untere Ende K des umgekehrten Bildes IK, gleich dem obern Ende A des Gegenſtands AB machen.

Die Strahlen von dieſen zwei Büſcheln gehen ſodann fort von I und K bis zum kleinen Spiegel L, indem die Strahlen von F darauf bei h fallen, indeß diejenigen von D darauf bei g fallen, von welchen Punkten ſie wieder reflektirt werden.

2. Der Fokus des kleinen Spiegels ſt bei n, etwas über dem Orte, wo das Bild von dem großen Spiegel entſteht.

Wenn der Fokus dieſes Spiegels genau bei m fiele, wo das Bild von dem andern gemacht wird, ſo würden die Strahlen parallel davon reflektirt werden, allein da

er etwas darüber oder länger iſt, als dieſer Abſtand, ſo werden ſie konvergirend in der Richtung gN reflektirt.

3. Der konvergirende Strahlenbüſchel gN, welcher von dem Punkte a fortgeht, und von dem kleinern Spiegel reflektirt wird, würde über das Teleſkop fallen, wenn er nicht von den Augengläſern refraktirt würde. Eben dies iſt der Fall mit dem andern konvergirenden Büſchel.

Um nun aber das Inſtrument kürzer zu machen, läßt man dieſe konvergirenden Strahlen auf die Linſe R in dem Augenrohre fallen, welche ihre Konvergenz vermehrt und macht, daß ſie bei a und b zuſammen fallen, wo ſie ein aufrechtes Bild des Gegenſtands bei ab machen. Da dieſes Bild in dem Fokus der Linſe S iſt, ſo werden die Strahlen, welche von dem Bilde ausgehen, und hier entſtehen, dadurch ſolchergeſtalt refraktirt, daß ſie parallel in das Auge fahren, und ſo ein deutliches Sehen bewirken.

Das Licht, welches auf die Oberfläche des großen Spiegels fällt, wird gegen den kleinen Spiegel reflektirt; das Auge erhält daher von dem Teleſkope eine Menge Licht, welche zu derjenigen, als durch das bloße Auge erhalten würde, beinahe in dem nämlichen Verhältniſſe iſt, als die Oberfläche des großen Spiegels zur Oberfläche des kleinen Lochs bei e zunächſt der Pupille des Auges iſt.

Die Strahlen, welche von dem Bilde fortgehen, gehen durch das zweite Augenglas S, und durch eine kleine Oefnung e treten ſie in das Auge f, welches das Bild ab vermittelſt des Augenglaſes unter dem großen Winkel ced ſieht; das zweite Glas vergrößert das Feld, und macht das Bild vollkommen.

Um es für verſchiedene Augen und Entfernungen einzurichten, dient eine ſchwache Stange mit einer Schraube

an einem Ende; dieſe Schraube geht durch den Arm, welcher ſich an dem kleinen Reflektor befindet, ſo daß wenn man dreht, er näher gebracht, oder weiter von dem Spiegel entfernt wird.

Bei dem letzten Bilde befindet ſich eine Blendung, um die überflüſſigen Strahlen abzuhalten; bei e iſt eine ſehr kleine Oefnung, um die Strahlen zu dem Auge gehen zu laſſen.

Um nahe Gegenſtände zu ſehen oder das Teleſkop für weitſichtige Augen einzurichten, muß der kleine Spiegel weiter von dem großen geſtellt werden, als es der Fall iſt, wenn man ihn für entfernte Gegenſtände oder für ein gewöhnliches Geſichte braucht; denn wenn ein Gegenſtand näher kommt, ſo wird ſein Bild bei m näher gegen n kommen, und da nm kleiner wird, ſo wird nP größer, und wird der Linſe R näher kommen, ſo daß um es zurückzubringen, der Spiegel weiter abgerückt werden muß.

Für kurzſichtige Perſonen muß der Fokus P näher gegen R gebracht werden, um die Strahlen mehr divergirend zu machen; d. i. nP muß länger, und folglich nm kürzer ſeyn, oder hg näher gegen DU, VF gebracht werden.

Man drehe daher für entfernte Gegenſtände und für kurzſichtige Perſonen die Schraube rechter Hand, hingegen für nahe Gegenſtände und für weitſichtige Perſonen linker Hand.

Dieſes Teleſkop, wie Sie geſehen haben, zeigt den Gegenſtand aufrecht, allein nicht ſo helle wie in refraktirenden Teleſkopen, weil Glas mehr Licht durchläßt, als Metall reflektirt. Man hat berechnet, daß ein Drittheil des auffallenden Lichts durch Reflexion verloren geht.

Die ſichtbare Fläche eines Gegenſtands, iſt wie die Breite des Augenglaſes; denn wenn das Bild bei IK und das Augenglas vergrößert wird, ſo wird das Bild bei m auch vergrößert werden, weil die Winkel des Einfalls und der Reflexion bei hg gleich ſind, und folglich der ſichtbare Theil des Gegenſtands vergrößert wird.

Die Helligkeit des Gegenſtands verhält ſich wie die Apertur, denn je größer dieſe iſt, deſto größer iſt die Menge des Lichts, welches zum Auge kommt.

Die äußerſten Theile des Bildes ſind weniger helle als die übrigen, weil der Schatten des kleinen Spiegels auf die Außenſeite fällt, allein gegen die Mitte bedeckt er blos die Oefnung.

Um die Beſtimmung der Vergrößerungskraft zu erleichtern, will ich annehmen, daß das Rohr 12 Zoll lang ſey, und zwei Zoll im Durchmeſſer halte; der konkave Spiegel am Boden des Rohrs halte 7 Zoll Fokus, und ſey 2 Zoll im Durchmeſſer: die Oefnung in dem Mittelpunkte ſey $\frac{6}{12}$ eines Zolls im Durchmeſſer: der Fokus des kleinen Spiegels $\frac{18}{12}$, ſein Durchmeſſer $\frac{3}{12}$ eines Zolls; das erſte Augenglas ohngefähr 3 Zoll Fokus, das zweite gegen $\frac{10}{12}$. Nun müſſen wir zurück zu unſern vorhergehenden Anweiſungen in Rückſicht der Grundſätze über die Strahlen des Lichts gehen, ſo wie ſie von einem ſphäriſchen konkaven Spiegel reflektirt werden.

Sie werden ſich erinnern, 1) daß das Licht, welches von einem ſehr entfernten Gegenſtande kommt, ſolchergeſtalt reflektirt wird, daß der Punkt, wo ſie ſich treffen, und wo das Bild gemacht wird, der vierte Theil des Durchmeſſers der Kugel, wovon der große Spiegel ein Segment iſt. 2) Daß wenn der Gegenſtand im Fokus eines konkaven ſphäriſchen Spiegels ſich befindet, die

Strahlen, welche von da herkommen, parallel gegen einander reflektirt werden.

Nun machen entfernte Gegenſtände, welche durch das reflektirende Teleſkop geſehen werden, ein umgekehrtes Bild bei IK, dem Fokalpunkte des großen Spiegels und 9 Zoll davon, und ſowohl das Bild als der Gegenſtand erſcheinen unter einerlei Winkel von dem Vertex des Spiegels; dieſes Bild in dem Fokus IK iſt die Baſis zweier Winkel, deren Spitzen die Mittelpunkte der zwei ſphäriſchen Spiegel ſind. Nun iſt der Abſtand des Fokus der zwei Spiegel wie $1\frac{1}{2}$ zu 9, oder wie 3 zu 18, wenn man den Bruch wegnimmt; oder wie 1 zu 6, wenn man die Glieder durch 3 dividirt: die zwei Winkel ſind daher in dem Verhältniſſe von 1 zu 6, d. i. der Winkel an der ſphäriſchen Oberfläche, wovon AB ein Theil iſt, iſt ſechsmal größer, als den der Gegenſtand mit der Oberfläche des großen Spiegels macht; folglich wenn das Auge in den parallelen Strahlen läge, die von dem kleinen Spiegel ausfahren, ſo würde es den Gegenſtand darin vollkommen, und nach dem Verhältniß vergrößert ſehen, wie ſich die Fokaldiſtanzen der zwei Spiegel zu einander verhalten, d. i. wie 6 zu 1.

Nun machen die zwei Linſen in dem Augenrohre ein Teleſkop, deſſen Eigenſchaft nach den bereits gegebenen Grundſätzen iſt, den Gegenſtand nach dem Verhältniſſe zu vergrößern, als der Fokus der Linſe S größer iſt als derjenige von R; in dieſem Beiſpiele wie 36 zu 10; allein das Teleſkop, wie vorher gezeigt worden, vergrößerte in dem Verhältniſſe wie 6 zu 1. Verbindet man dieſe Verhältniſſe, ſo erhalten wir 10×1 und 36×6 oder 10 zu 216, oder beinahe wie 1 zu 22.

Von dem Newtonſchen Teleſkope.

Das Teleſkop des Newton iſt in der Bauart etwas von demjenigen des Gregory verſchieden, gründet ſich aber auf einerlei ſowohl geometriſche als phyſikaliſche Grundſätze.

Es beſteht, ſo wie das vorhergehende, aus einem Rohre, worin die metallenen Spiegel ſich befinden; das obere Ende des Rohrs iſt offen; an dem Boden deſſelben liegt ein konkaver metallner Reflektor, und ein ebener kleiner metallner Reflektor, unter 45 Grad gegen die Axe des großen Reflektors geneigt. Dieſer kleine Reflektor muß von ovaler Form ſeyn; ſeine Länge verhält ſich zu ſeiner Breite wegen der Schiefe ſeiner Lage wie 2 zu 1; er wird von einem Arme getragen, der an der Seite des Rohrs befeſtiget iſt; ein Augenglas liegt in einer kleinen Röhre, die in dem größern Rohre beweglich iſt, ſo daß es ſenkrecht gegen die Axe des Reflektors ſtehe, und dieſe ſenkrechte Linie durch den Mittelpunkt des kleinen Spiegels gehe. Der kleine Spiegel wird zwiſchen dem großen Spiegel und ſeinem Fokus gelegt, nur ſo, daß ſein Abſtand von dieſem Fokalpunkte der Diſtanz von dem Mittelpunkte des Spiegels zum Fokus des Augenglaſes gleich ſey.

Das Rohr vxzy Taf. VIII. Fig. 3. wird mit ſeinem ofnen Ende gegen den Gegenſtand gewendet, wo denn die parallelen Strahlen, welche von ihm kommen, durch den konkaven Spiegel in ſeinen Fokus reflektirt werden, uud daſelbſt ein umgekehrtes Bild des Gegenſtands machen würden, allein da der kleine Reflektor feg dazwiſchenliegt, ſo gelangen ſie nicht zum Fokus, ſondern werden gegen t reflektirt, wo der Fokus des Augenglaſes iſt, und wo ſie ein Bild gleich demjenigen machen, als es in dem Fokus des konkaven Spiegels der Fall geweſen wäre. Da dieſes Bild in dem Fokus des Augen-

glaſes iſt, ſo werden die Strahlen, welche von da herkommen, durch die Linſe refraktirt werden, daß ſie parallel in das Auge kommen, und ſolchergeſtalt ein deutliches Sehen bewirken.

Wenn die Fläche gegen das offene Ende des Rohrs gekehrt wird, und das Auge wird in h gelegt, ſo wird der Gegenſtand umgekehrt erſcheinen; iſt aber die Fläche gegen cd gekehrt, ſo iſt der Gegenſtand aufrecht; die letztere Lage iſt in den meiſten Fällen ſehr unbequem.

Die Vergrößerungskraft ſteht in dem nämlichen Verhältniſſe als die Fokaldiſtanz des konkaven Spiegels größer iſt, als diejenige des Augenglaſes. Dieſes Teleſkop wird eine größere Oefnung ertragen, als der Gregoryſche Reflektor; auch geht wegen der ovalen Fläche weniger Licht verloren, als bei einem ſphäriſchen Reflektor. Vermittelſt dieſes Newtonſchen Teleſkops hat Dr. Herſchel ſo viel ſchätzbare Entdeckungen in der Aſtronomie gemacht.

Es giebt noch eine andre Art von reflektirenden Teleſkopen, die unter den Namen der Caſſegrainſchen bekannt ſind; allein man bedient ſich gegenwärtig derſelben nicht, daher ich es auch nicht für nöthig halte, dieſelben hier näher zu beſchreiben; ich will daher nur bemerken, daß es dem Gregoryſchen Teleſkope ähnlich iſt, ausgenommen daß der kleine Spiegel konvex ſtatt konkav iſt.

Was den reflektirenden Teleſkopen zu minderm Vortheile gereicht, iſt, daß ſie größere Oefnungen erfordern, um einerlei Menge Licht durchzulaſſen; daß ſie von den Veränderungen in der Atmoſphäre mehr leiden als refraktirende Teleſkope; daß ſie leicht anlaufen; vornämlich aber, daß der Objektſpiegel ſchwerer zu bearbeiten iſt, und daher Fehler darin mehr bewirken, als es bei gleichen Fehlern in dem Objektglaſe der Refraktoren der Fall iſt.

In den Händen eines Mannes, deſſen Verſtand gehörig geordnet iſt, wird jeder Theil der Wiſſenſchaft nutzbar: unter verſchiedenen Beiſpielen erwähne ich hier eines aus der Abhandlung des gelehrten Herrn Jakob Bryant über die Authenticität der Schrift, worin zufolge der Teleſkope, die wir jetzt näher betrachtet haben, er die Schwäche einiger ungläubigen Einwürfe gegen die Offenbarung zeigt. So beweiſt er, daß keine Urſache mehr vorhanden ſey, die Authenticität der Schrift wegen einiger Schwierigkeiten zu läugnen, als es Einwürfe gegen die natürliche Religion oder die Naturphiloſophie aus der nämlichen Urſache geben kann; denn dieſe Schwierigkeiten ſind hier vollkommen gleich. Naturphiloſophie hat einen Ueberfluß an Erſcheinungen, die wir ſehen und kennen, und doch nicht zu erklären vermögend ſind, z. B. die Gravitation, Magnetismus u. ſ. f.

Wenn jemand im prophetiſchen Geiſte dem Archimedes oder Eudoxus geſagt hätte, daß das Sehen einſtens durch Kunſt unterſtützt werden, und daß die Art der Vervollkommung des Geſichts darin beſtehen würde, eine ganz undurchſichtige Subſtanz genau zwiſchen den Gegenſtand und das Auge zu legen, ſo würden ſie gewiß geglaubt haben, der Prophet ſey außer Sinnen. Und hätten ſie ferner gehört, daß ein anderes Verfahren darin beſtünde, um nach einem Gegenſtande zu ſehen, nicht dahin zu ſehen, ſondern das Auge in einer ganz verſchiedenen Richtung zu halten, wie hätten ſie wohl ſolche Lehren faſſen können, die ihnen geſagt hätten, daß das Sehen durch einen zwiſchengelegten dunklen Körper Beihülfe erlangte, und daß das beſte Verfahren, nach Gegenſtänden zu ſehen, darin beſtünde, nach einer ganz andern Richtung das Auge zu wenden.

In der That muß derjenige, welcher das Gregoryſche Teleſkop kennt, bekennen, daß ein ſolcher dunkler Körper zwiſchen dem Auge und dem Gegenſtande gelegt

wird; und daß in dem Newtonſchen Teleſkope das Sehen ſeitwärts unter einem Winkel von 90 Graden erfolgt. Iſt man einmal damit bekannt, ſo findet man freilich die Sache mit Vernunft und Erfahrung übereinſtimmend.

Stoßen wir nun ſo auf verſchiedene Dinge im gemeinen Leben und in weltlichen Wiſſenſchaften, die ſchwer einzuſehen ſind, ſelbſt verſchiedene ganz außer allen Begrif, ſo können wir auch leicht erwarten, daß wir andere über unſre Vernunft in dem großen Syſteme des Lebens und der Unſterblichkeit finden werden.

Drei und zwanzigſte Vorleſung.

Von den Mikroſkopen.

Unter einem Mikroſkope verſtehen wir ein Inſtrument zu näherer Betrachtung kleiner Gegenſtände, welches ſie ſichtbar macht, die außerdem nicht hätten geſehen werden können. Man theilt die Mikroſkope in drei verſchiedene Arten, in das einfache, doppelte und in das Sonnenmikroſkop. Einfache Mikroſkope ſind diejenigen, welche blos aus einer einzelen Linſe beſtehen; zuſammengeſetzte hingegen haben zwei und mehrere Linſen; das Sonnenmikroſkop wird in einem verfinſterten Zimmer gebraucht, wo der Gegenſtand durch die Sonne erleuchtet, und das Bild auf einem Vorſatze aufgefangen wird.

Man nimmt allgemein an, daß Mikroſkope ohngefähr um das Jahr 1680 erfunden worden ſind, einer Periode, die beſonders reich an Entdeckungen war, wo der Verſtand anfieng, ſich von denjenigen Feſſeln der Irrthümer und Vorurtheile loszureißen, an denen er ſo lange Zeit gehalten worden, um ſeine Rechte wieder einzunehmen, ſeine Kräfte zu äußern, und den Fußpfaden zu folgen, die zur Wahrheit führen. Die Ehre der Erfindung eignen ſich Italiener und Deutſche zu, indeſſen iſt der Name des Erfinders verloren gegangen; wahrſcheinlich ſchien anfangs die Erfindung nicht wichtig genug zu

ſeyn, um die Aufmerkſamkeit derjenigen Perſonen an ſich zu ziehen, die vermöge ihres Anſehens in Kenntniſſen im Stande waren, ihr Verdienſt in Rückſicht der Welt geltend zu machen, und ließen denn auf dieſe Art den Namen des Erfinders für die folgenden Zeiten vergeſſen. Männer von großen Geſchicklichkeiten ſind nur zu geneigt, die erſten Dämmerungen der Erfindung zu vernachläſſigen, indem ſie nicht bedenken, daß jede wirkliche Kenntniß fortſchrittsweiſe geſchieht, und daß dasjenige, was ſie für unbedeutend anſehen, das erſte und nothwendige Glied zu einem neuen Zweige der Kenntniß iſt.

Das Mikroſkop erweitert die Gränzen der Organe des Sehens; es ſetzt uns in den Stand, die Struktur der Pflanzen und Thiere zu unterſuchen; offenbart dem Auge Myriaden von Weſen, von deren Daſeyn wir vorher keinen Begrif hatten; eröfnet dem Wißbegierigen eine unerſchöpfliche Quelle der Unterweiſung und des Vergnügens; und verſchaft den Phyſiker ein unbegränztes Feld der Unterſuchung. Es führt, um mich der Worte eines ſinnreichen Schriftſtellers zu bedienen, zu der Entdeckung von tauſend Wundern in den Werken ſeiner Hand, der uns ſowohl als die Gegenſtände unſerer Bewunderung ſchuf; es erhöht die Verſtandeskräfte, ſchärft die Urtheilskraft, und vervielfacht die Mittel zur Glückſeligkeit; es iſt eine neue Quelle des Preiſes deſſen, dem wir alles verdanken; und indeß es der Einbildungskraft mit den unbegränzten Schätzen ſchmeichelt, die es dem Anblicke darbietet, ſucht es das ganze Leben zu einer immer fortwährenden Handlung der Bewunderung zu machen. Denn es iſt kein Gegenſtand ſo unbeträchtlich, der nicht etwas habe, um das wißbegierige Auge einzuladen, es näher zu unterſuchen; noch giebt es etwas, was, wenn es gehörig unterſucht worden, nicht hinreichenden Erſatz für die Unterſuchung gewährte.

Es iſt nicht ſchwer, die Periode zu beſtimmen, als das Mikroſkop zuerſt anfing allgemein bekannt zu werden, und zu der Abſicht angewendet wurde, um kleine Gegenſtände zu unterſuchen; denn ob wir ſchon den Namen des erſten Erfinders nicht wiſſen, ſo wiſſen wir doch die Namen derjenigen, die beſonders zuerſt die öffentliche Aufmerkſamkeit auf ſich zogen, als ſie einige der auffallendſten Wirkungen bekannt machten. Zacharias Janſens und ſein Sohn hatten noch vor dem Jahre 1619 Mikroſkope gemacht, denn in dieſem Jahre brachte der ſinnreiche Cornelius Drebell eines mit nach England, welches von ihnen gemacht worden, und zeigte es William Borrel und verſchiedenen andern. Es iſt möglich, daß dieſes Inſtrument des Drebell nicht genau das war, was wir gegenwärtig unter einem Mikroſkope verſtehen, ſondern vielmehr eine Art von mikroſkopiſchem Teleſkope, gewiſſermaßen demjenigen ähnlich, das vor kurzer Zeit Herr Aepin in einem Briefe an die Akademie der Wiſſenſchaften in Petersburg beſchrieben hat. Es war eine Art von kupfernen Rohre, 6 Fuß lang und 1 Zoll im Durchmeſſer, welches auf 3 meſſingenen Pfeilern in Geſtalt der Delphine ſtand; dieſe waren auf einer Fläche von Ebenholz befeſtiget, worauf die Objekte, die man unterſuchen wollte, gleichfalls hingelegt wurden. Im Gegenſatz ſagt Fontana in einem Werke, welches er im Jahre 1646 herausgegeben, daß er bereits im Jahre 1618 Mikroſkope gemacht habe: dies kann vielleicht ſeine Richtigkeit haben, ohne daß jedoch das Verdienſt des Janſens dadurch geſchmälert wird, denn wir haben verſchiedene Beiſpiele in unſern Zeiten von mehr als einer Perſon, die beinahe zu einerlei Zeit auf einerlei Erfindungen gekommen ſind, ohne daß eine der andern ſich ihre Gedanken mitgetheilt habe. Im Jahr 1685 gab Stelluti eine Beſchreibung von den Theilen der Biene heraus, die er vermittelſt eines Mikroſkops unterſucht hatte.

Wenn wir das Mikroſkop als ein Inſtrument anſehen, welches blos aus einer einzelnen Linſe beſteht, ſo iſt es gar nicht unwahrſcheinlich, daß es ſelbſt den Alten ungleich früher als im vergangenen Jahrhunderte, ja ſelbſt in gewiſſem Grade den Griechen und Römern bekannt geweſen ſey; denn man weiß, daß Brillen längſt vor der erwähnten Periode im Gebrauche geweſen ſind. Da nun ſolche Gläſer von verſchiedenen Konvexitäten, und folglich von verſchiedenen vergrößernden Kräften gemacht worden ſind, ſo kann man natürlicherweiſe annehmen, daß kleinere und noch mehr konvexe Linſen gemacht, und zu Unterſuchung kleiner Gegenſtände angewendet worden ſind. In dieſem Sinne iſt auch einiger Grund zu vermuthen, daß die Alten mit der Anwendung der Linſen nicht unbekannt geweſen ſind, oder doch wenigſtens mit etwas, das dem nahe kommt.

Von der optiſchen Wirkung der Mikroſkope.

Es iſt bereits bemerkt worden, daß das menſchliche Auge ſo beſchaffen iſt, daß wir einen Gegenſtand nicht deutlich ſehen können, wenn er dem Auge näher iſt als 6 Zoll. Um uns nun in Stand zu ſetzen, Gegenſtände näher zu betrachten, iſt die Abſicht der Mikroſkope, denn auf dieſe Art werden wir vermögend, ſolche Gegenſtände zu unterſcheiden, welche vermöge ihrer Kleinheit unter einem geringen Abſtande unmerkbar werden. Man ſagt daher, ein Mikroſkop vergrößere die Gegenſtände, die dadurch geſehen werden: allein dieſer Ausdruck iſt blos in Rückſicht der ſcheinbaren Größe des Gegenſtands richtig.

Um in dieſer Rückſicht richtige Begriffe zu haben, müſſen Sie die ſcheinbare von der wahren Größe der Ge-

genſtände unterſcheiden; die wahre Größe eines Dinges iſt ein Gegenſtand der Geometrie, und bleibt unveränderlich, ſo lange die Sache in dem nämlichen Zuſtande verbleibt; die ſcheinbare Größe hingegen kann unendliche Verſchiedenheiten erlangen, indeß die wahre Größe unveränderlich bleibt. So erſcheinen uns die Sterne am Himmel außerordentlich klein, obſchon ihre wahre Größe außerordentlich iſt; dieſer Unterſchied entſteht vermöge ihres unermeßlichen Abſtandes. Wenn wir ihnen näher wären, ſo würden wir finden, daß ſie an Größe zunähmen, ſo wie ſich der Abſtand vermindert; denn die ſcheinbare Größe hängt größtentheils von dem Winkel ab, unter welchem ſie geſehen werden, welcher Winkel dann größer oder kleiner wird, je nachdem der Gegenſtand dem Auge näher oder entfernter iſt.

So ſey POQ Taf VIII. Fig. 4. der Gegenſtand, den wir ſehen; dieſer wird, wenn das Auge bei A iſt, unter dem Winkel PAQ erſcheinen, welcher der Geſichtswinkel genannt wird, und gewiſſermaßen die ſcheinbare Größe eines Gegenſtands beſtimmt. Man ſieht hieraus, daß je weiter das Auge von dem Gegenſtande entfernt iſt, deſto kleiner der Winkel wird; und daß ſolchergeſtalt die größten Körper unter einem außerordentlich kleinen Winkel geſehen werden können, wenn ſie unter einem hinreichenden Abſtande geſehen werden.

Wenn das Auge bei B iſt, ſo wird der Gegenſtand unter dem Winkel OBQ geſehen werden, welcher ſichtbar größer iſt, als der Winkel PAQ. Es ſei das Auge bei c, ſo iſt der Winkel PCQ größer als PBQ u. ſ. f. je näher das Auge dem Gegenſtande iſt, deſto größer iſt der Geſichtswinkel.

Es folgt alſo hieraus, daß der ſcheinbare Durchmeſſer eines Gegenſtands, der mit bloßen Augen geſehen

wird, in irgend einem willkührlichen Verhältniſſe vergrößert werden könne; denn da der ſcheinbare Durchmeſſer nach Verhältniß vergrößert wird, als der Abſtand von dem Auge vermindert wird, ſo haben wir blos den Abſtand des Gegenſtands von dem Auge zu vermindern, um den ſcheinbaren Durchmeſſer deſſelben zu vermehren. Wir wollen ſolchergeſtalt annehmen, daß ein Gegenſtand AB Taf. VIII. Fig. 5. für ein Auge bei E unter dem Winkel AEB erſcheine, ſo können wir den ſcheinbaren Durchmeſſer unter irgend einem Verhältniſſe vergrößern, wenn wir unſer Auge näher dahin ſtellen. Wenn wir alſo z. B. ihn in dem Verhältniſſe von FG zu AB vergrößern wollen, d. i. wenn wir den Gegenſtand unter einem Winkel ſo groß als FEG ſehen wollen, oder daß er unter der nämlichen Länge erſcheine, als ein Gegenſtand, ſo lang als FG, erſcheint, ſo kann dies geſchehen, wenn wir dem Gegenſtande näher kommen. Denn der ſcheinbare Durchmeſſer iſt umgekehrt wie der Abſtand; wenn daher CD um ſo viel geringer iſt als CE, wie FG größer iſt als AB, indem man das Auge dem Gegenſtande in dem Verhältniſſe von eD zu Ed näher bringt, ſo wird der ſcheinbare Durchmeſſer in dem Verhältniſſe von FG zu AB vergrößert werden; ſo daß der Gegenſtand AB für das Auge bei D ſo lang erſcheinen wird, als ein Gegenſtand FG dem Auge bei E erſcheint. Auf die nämliche Art können wir zeigen, daß der ſcheinbare Durchmeſſer eines Gegenſtands, wenn er von dem bloßen Auge geſehen wird, unendlich ſeyn kann. Denn da der ſcheinbare Durchmeſſer wechſelſeitig iſt, wie der Abſtand des Auges, wenn der Abſtand des Auges Nichts iſt, oder wenn das Auge dichte an dem Gegenſtande bei C iſt, ſo wird der ſcheinbare Durchmeſſer gegenſeitig von Nichts, oder unendlich ſeyn.

Es iſt indeſſen eine große Unbequemlichkeit, bei einer ſolchen Vergrößerung eines Gegenſtands ohne Beihülfe

der Gläſer, wenn man ihm das Auge näher bringt. Die Unbequemlichkeit iſt, daß wir einen Gegenſtand nicht deutlich ſehen können, wofern das Auge nicht ohngefähr 5 oder 6 Zoll davon entfernt iſt; wenn wir ihn daher unſerm Auge näher bringen, als 5 oder 6 Zoll, ſo wird er, ſo ſtark er auch vergrößert werden dürfte, undeutlich geſehen werden. Zufolge dem iſt denn die größte ſcheinbare Größe eines Gegenſtands, woran wir gewöhnet ſind, die ſcheinbare Größe, wenn das Auge ohngefähr 5 oder 6 Zoll davon entfernt iſt: ſo wie wir denn auch niemals einen Gegenſtand viel unter dieſen Abſtand bringen, weil, ob er ſchon auf dieſe Art vergrößert werden dürfte, doch die Undeutlichkeit uns verhindern würde, Vortheile daraus zu ziehen, wenn wir ihn ſo groß ſehen. Die Größe eines Gegenſtands ſcheint außerordentlich, wenn er durch eine konvexe Linſe betrachtet wird, nicht weil es unmöglich iſt, daß er von der nämlichen Größe dem bloßen Auge erſcheine, ſondern weil unter dem Abſtande von dem Auge, welcher zu dieſer Abſicht erforderlich wäre, er außerordentlich undeutlich erſcheinen würde; aus dieſem Grunde bringen wir denn unſer Auge ihm niemals ſo nahe, und da wir folglich nicht gewöhnt worden ſind, den Gegenſtand von einer ſolchen Größe zu ſehen, ſo erſcheint er außerordentlich groß.

In Rückſicht der äußerſten Kleinheit der Atomen des Lichts iſt es offenbar, daß ein einzelner Strahl, oder ſelbſt eine kleine Menge von Strahlen, keinen merklichen Eindruck auf das Organ des Geſichts machen könne, deſſen Fibern ſehr grob ſind, wenn ſie mit dieſen Atomen verglichen werden; es iſt daher nothwendig, daß eine große Menge von der Oberfläche eines Gegenſtands ausfahren müſſe, um ihn ſichtbar zu machen. Allein da die Strahlen des Lichts, welche von einem Gegenſtande ausgehen, beſtändig fort divergirend ſind, ſo hat man

verſchiedene Verfahrungsarten erſonnen, wie wir bereits gezeigt haben, entweder um ſie in einem gegebenen Punkte zu vereinigen, oder ſie willkührlich zu trennen.

Auf dieſe Art vereinigen wir vermittelſt konvexer Linſen in einerlei merkbaren Punkte eine große Menge von Strahlen, die von einem Punkte eines Gegenſtands ausfahren; und da jeder Strahl mit ſich das Bild des Punkts trägt, wo er ausfährt, ſo müſſen denn alle vereinigte Strahlen ein Bild des Gegenſtands machen, von dem ſie ausgingen. Dieſes Bild iſt nach Verhältniß heller, als mehrere Strahlen vereiniget werden, und ſo auch nach Verhältniß deutlicher, als die Ordnung, in welcher ſie ausfahren, beſſer bei ihrer Vereinigung unterhalten wird.

Wir empfinden die Gegenwart und Figur der Gegenſtände vermittelſt des Eindrucks, den jedes Bild auf der Netzhaut macht; die Seele zufolge dieſer Eindrücke macht nunmehr Folgerungen in Rückſicht der Größe, Lage und Bewegung des Gegenſtands. Indeſſen muß ich hier noch bemerken, daß dieſe Folgerungen ſehr oft von der Seele zufolge der Wirkungen mehr habitueller Eindrücke berichtiget oder verändert werden. So giebt es z. B. einen gewiſſen Abſtand, unter welchem wir in den gewöhnlichen Geſchäften des Lebens gewohnt ſind, Gegenſtände zu ſehen; nun bemerken wir aber nicht, daß ihre Größe merklich verändert wird, obſchon das Maaß des Bildes dieſer Gegenſtände ſich beträchtlich verändert, wenn ſie ſich von uns bewegen, oder ſich uns mehr nähern: allein außerhalb dieſem Abſtande finden wir, daß die Gegenſtände nach Verhältniß vermindert oder vergrößert zu werden ſcheinen, als ſie mehr oder weniger von uns entfernt werden.

Wenn ich z. B. mein Auge nach und nach unter zwei, vier und ſechs Fuß von einerlei Perſon ſtelle, ſo

werden die Dimenſionen des Bildes auf der Netzhaut beinahe wie 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ werden, und ſollten folglich unter dem nämlichen Verhältniſſe vermindert zu werden ſcheinen; allein wir bemerken dieſe Verminderung nicht, weil die Seele den Eindruck berichtiget hat, der auf der Netzhaut geſchieht. Um dies zu beweiſen, dürfen wir blos bedenken, daß wenn wir eine Perſon unter 120 Fuß Entfernung ſehen, ſie nicht genau ſo klein ſeyn wird, als wenn die nämliche Perſon von der Spitze eines Thurms oder eines andern Gebäudes von 120 Fuß Höhe geſehen wird, eine Lage, woran wir nicht gewöhnt worden ſind.

Auch iſt hieraus offenbar, daß wenn wir ein Glas zwiſchen den Gegenſtand und das Auge legen, welches vermöge ſeiner Figur die Richtung der Lichtſtrahlen von dem Objekte ändert, man von dieſem Gegenſtande nicht urtheilen müſſe, als ob er unter der gewöhnlichen Erreichung des Geſichts läge, in welchem Falle wir von ſeiner Größe mehr durch Gewohnheit als nach den Dimenſionen der Bilder urtheilen, die auf der Netzhaut entſtehen: ſondern er muß nach der Größe des Bildes im Auge, oder nach dem Winkel geſchätzt werden, der im Auge vermöge der zwei Strahlen entſteht, die von den Enden des Gegenſtands kommen.

Wenn das Bild eines Gegenſtands, was nach der Refraktion entſteht, größer oder geringer iſt, als der Winkel, der im Auge durch die Strahlen gemacht wird, die von den Enden des Gegenſtands ſelbſt ausfahren, ſo wird der Gegenſtand auch verhältnißmäßig vergrößert oder verkleinert; ſo daß wenn das Auge ſich dem letzten Bilde nähert, oder davon entfernt, der Gegenſtand ſcheinen wird, ſich zu vergrößern oder zu vermindern, obſchon das Auge in der That in dem einen Falle ſich davon entfernen, oder in dem andern ſich ihm nähern muß, weil

das Bild anſtatt des Gegenſtands iſt, und ſtatt deſſen angeſehen wird.

Der ſcheinbare Abſtand eines Gegenſtands von dem Auge wird nicht durch den wahren Abſtand von dem letztern Bilde gemeſſen; denn da der ſcheinbare Abſtand vornämlich vermöge der Begriffe geſchätzt wird, die wir von ſeiner Größe haben, ſo folgt, daß wenn wir Gegenſtände ſehen, deren Bilder durch Refraktion vermehrt oder vermindert worden, wir natürlicher Weiſe von ihnen urtheilen, daß ſie näher oder entfernter von dem Auge ſind, nach Verhältniß als ihre Größe beſchaffen iſt, wenn wir eine Vergleichung gegen dasjenige anſtellen, woran wir gewöhnt ſind. Der ſcheinbare Abſtand eines Gegenſtands leidet übrigens beträchtlich von der Helligkeit, Deutlichkeit und Größe deſſelben. Da nun dieſe Umſtände in einem gewiſſen Grade vermöge der Refraktion der Strahlen geändert werden, ſo wie ſie durch verſchiedene Medien gehen, ſo werden ſie auch im gewiſſen Maaße die Schätzung des ſcheinbaren Abſtandes abändern.

Von dem einfachen Mikroſkope.

Das einfache Mikroſkop macht kleine Gegenſtände vermittelſt einer kleinen Glaskugel oder konvexen Linſe von einem kurzen Brennpunkte ſichtbar. Es ſtelle EY Taf. VIII. Fig. 6 das Auge vor, und OB einen kleinen Gegenſtand, welcher ſehr nahe an demſelben liegt, ſo daß folglich der Winkel ſeiner ſcheinbaren Größe beträchtlich ſey. Nun lege man die konvexe Linſe RS zwiſchen das Auge und den Gegenſtand, ſo daß der Abſtand zwiſchen derſelben und dem Gegenſtande der Fokallänge gleich ſey; wo denn die Strahlen, welche von dem Gegenſtande di-

vergiren, und durch die Linſe gehen, nachher fortlaufen, und folglich in das Auge parallel treten werden; hierauf werden ſie konvergiren, und ein umgekehrtes Bild auf der Netzhaut machen, wo denn der Gegenſtand deutlich geſehen werden wird, ohneracht et er, wenn er unter einer Entfernung von 6 Zoll ſich befindet, ſeine Kleinheit ihn unſichtbar machen würde.

Wenn die Linſe nicht dicht an das Auge gehalten wird, ſo wird der Gegenſtand etwas mehr vergrößert, weil die Büſchel, welche in einiger Entfernung von dem Mittelpunkte durch die Linſe gehen, einwärts gegen die Axe refraktirt werden, und folglich von Punkten zu kommen ſcheinen, die von dem Mittelpunkte des Gegenſtands entfernter ſind.

Taf. VIII. Fig. 10. kann vielleicht dem Leſer eine deutliche Ueberſicht geben, warum eine konvexe Linſe den Geſichtswinkel vergrößert. Ohne eine Linſe wie FG würde das Auge bei A den Fleck BC unter dem Winkel bAc ſehen; allein die Strahlen BF und CG von den Enden des Flecks, ſo wie ſie durch die Linſe gehen, werden zu dem Auge in der Richtung fA und Ga refraktirt, welches macht, daß der Fleck unter dem größern Winkel DAE (einerlei wie der Winkel fAg) geſehen wird. Es wird daher der Fleck BC um ſo viel vergrößert erſcheinen, daß er die Länge von D bis E einnimmt.

Der Gegenſtand, wenn er ſolchergeſtalt vermittelſt der kleinen Linſe deutlich geſehen wird, erſcheint beinahe in dem Verhältniſſe vergrößert, als der Fokalabſtand des Glaſes zu dem Abſtande der Gegenſtände beträgt, wenn ſie vom bloßen Auge geſehen werden.

Um dies ferner zu erklären, lege man das Auge dicht an das Glas, damit ſo viel von dem Gegenſtande geſehen werden könne, als möglich iſt; ſodann entferne man den

Gegenſtand oder bringe ihn näher, bis er vollkommen deutlich erſcheint, und gehörig begränzt iſt; nunmehr nehme man die Linſe weg, und ſetze an deren Stelle eine ſchwache Platte mit einer ſehr kleinen Oefnung in derſelben, und der Gegenſtand wird eben ſo deutlich, und eben ſo viel vergrößert erſcheinen, als mit der Linſe, obſchon freilich nicht ſo helle; auch erſcheint er in dieſem Falle um ſo viel mehr vergrößert, als es der Fall iſt, wenn er mit bloßem Auge geſehen wird, da der Abſtand des Gegenſtands von der Oefnung der Linſe geringer iſt, als der Abſtand, unter welchem er mit bloßem Auge deutlich geſehen werden kann.

Wir ſehen hieraus, daß die ganze Wirkung der Linſe, oder des Mikroſkops darin beſteht, den Gegenſtand deutlich zu machen, welches dadurch geſchieht, daß dem Auge beigeholfen wird, die Refraktion der Strahlen in jedem Büſchel zu vermehren; und daß die ſcheinbare Größe ganz von dem Gegenſtande abhängt, der von dem Auge um ſo viel näher geſehen wird, als er ohnedem geſehen werden könnte.

Mit andern Worten, ein einfaches Mikroſkop verhindert die Undeutlichkeit, welche bei Gegenſtänden Statt findet, wenn ſie dem Auge ſehr nahe ſind, indeß der Geſichtswinkel der nämliche bleibt. 1) Es hindert die Undeutlichkeit, denn da der Gegenſtand in dem Fokus der Linſe liegt, ſo ſind die Strahlen, welche von da ausfahren, parallel, welches, wie Sie wiſſen, zum deutlichen Sehen ſchlechterdings erforderlich iſt. 2) Der Winkel iſt der nämliche, denn ob das Auge das Glas berührt, oder etwas davon abgerückt wird, ſo erſcheint er doch unter dem nämlichen Winkel, als es in Rückſicht des Auges der Fall wäre, wenn es da läge, wo ſich das Glas befindet.

Einfache Mikroſkope vergrößern den Durchmeſſer des Gegenſtands, wie wir bereits gezeigt haben, in dem Verhältniſſe der Fokaldiſtanz (zu den Gränzen des verſchiedenen Sehens mit bloßem Auge) zu acht Zoll. Wenn z. B. der Halbmeſſer einer Linſe, die auf beiden Seiten gleich konvex iſt, einen halben Zoll beträgt, welches denn auch gleich ihrer Fokaldiſtanz iſt, ſo werden wir haben, wie $\frac{1}{2}$ iſt zu 8, ſo iſt 1 zu 16, d. i. der Durchmeſſer des Gegenſtands iſt im Verhältniſſe wie 16 zu 1. Da die Diſtanz von 8 Zoll immer einerlei iſt, ſo folgt, daß um wie viel die Fokaldiſtanz geringer iſt, eine deſto größere Differenz dazwiſchen und zwiſchen 8 Zoll ſeyn werde, und daß folglich der Durchmeſſer des Gegenſtands um ſo viel mehr vergrößert wird, als im Verhältniſſe die Linſen Segmente kleinerer Sphären ſind.

Da je näher der Gegenſtand dem Auge iſt, deſto größer er erſcheint, ſo folgt, daß eine doppelte und gleich konvexe Linſe einer plankonvexen vorzuziehen iſt, weil bei gleichen Konvexitäten die Fokallänge der erſtern nur halb ſo lang als der letztern iſt. Da nun die doppelt konvexe aus zwei Segmenten einer Sphäre beſteht, ſo muß, je mehr ein Gegenſtand vergrößert werden ſoll, deſto größer die Konvexität ſeyn, und daher deſto kleiner die Sphäre, bis endlich der äußerſte Grad von Vergrößerungskraft es erforderlich macht, daß dieſe Segmente Hemiſphären werden, und folglich die Linſe zu einer vollkommen kleinen Kugel ſelbſt wird.

Sehr außerordentliche Vergrößerungskräfte können vermittelſt kleiner Kugeln erhalten werden, denn der Fokus der parallelen Strahlen iſt blos um den halben Radius von der Kugel entfernt; wenn daher der Radius der Kugel $\frac{1}{10}$ eines Zolls iſt, ſo wird das Auge vermittelſt derſelben unter dem Abſtande ein und eines halben Radius d. i. um $\frac{3}{20}$ eines Zolls den Gegenſtand deutlich ſehen, welches nur

der 40ſte Theil von 6 Zoll iſt; ſo daß die Länge eines Gegenſtands 40mal, die Oberfläche 1600mal vergrößert werden wird.

Von dem doppelten oder zuſammengeſetzten Mikroſkope.

In dem zuſammengeſetzten Mikroſkope wird ſtatt des Gegenſtands ſelbſt das Bild deſſelben geſehen, welches von einer einfachen Linſe eben ſo wie in einem einfachen Mikroſkope vergrößert wird. Es beſteht aus einer Objektlinſe LN Taf. VIII. Fig. 8. und einem Augenglaſe FG. Der Gegenſtand OB liegt etwas weiter von der Linſe als ihre eigentliche Fokaldiſtanz, ſo daß die Strahlenbüſchel, die von den verſchiedenen Punkten des Objektes durch die Linſe ausfahren, in ihre gehörigen Brennpunkte konvergiren, und ein umgekehrtes Bild des Gegenſtands bei PQ machen können; dieſes Bild wird von dem Auge durch das Augenglas FG betrachtet, welches ſo liegt, daß das Bild in ſeinem Fokus auf der einen Seite, und das Auge unter dem nämlichen Abſtande auf der andern Seite ſey. Die Strahlen eines jeden Büſchels werden parallel ſeyn, nachdem ſie aus dem Glaſe gegangen, bis ſie das Auge bei E erreichen, wo ſie anfangen werden, vermöge der refraktirenden Kräfte der Feuchtigkeiten zu konvergiren; nachdem ſie ſich nun unter einander in der Pupille gekreuzt haben, und durch die kriſtalliniſche und gläſerne Feuchtigkeit gegangen ſind, werden ſie in Punkten auf der Netzhaut geſammelt, und machen ein großes umgekehrtes Bild.

Es wird nach dem, was bereits dieſerwegen iſt erklärt worden, leicht ſeyn, die Urſache der Vergrößerungskraft eines zuſammengeſetzten Mikroſkops zu erklären. Der

Gegenſtand wird aus zweierlei Grunde vergrößert; erſtlich weil, wenn wir das Bild mit bloßem Auge betrachteten, es um ſo viel größer erſcheinen würde als der Gegenſtand, als das Bild wirklich größer iſt als derſelbe, oder als der Abſtand fR größer iſt als fb; und zweitens, weil dieſes Bild nochmals durch das Augenglas zufolge des Grundſatzes vergrößert wird, der in dem vorhergehenden Abſchnitte über das Sehen durch einfache Mikroſkope iſt erkläret worden.

Indeſſen muß ich hier anmerken, daß das Bild, welches in dem Fokus einer Linſe gemacht wird, wie es der Fall in einem zuſammengeſetzten Mikroſkope iſt, von dem wirklichen Gegenſtande auf eine beſonders weſentliche Art verſchieden iſt; nämlich das Licht, welches von dem Gegenſtande in jeder Richtung ausfährt, macht ihn dem Auge deutlich, welches in irgend einer Lage ſich befindet; allein die Punkte des Bildes, die vermöge einer Linſe entſtehen, da ſie nicht mehr geben, als einen kleinen koniſchen Strahlenkörper, der von dem Glaſe entſpringt, können blos ſichtbar werden, wenn das Auge innerhalb ihrer Gränze liegt. Auf dieſe Art geht der Büſchel, welcher von O in dem Gegenſtande ausfährt, und durch die Linſe bis D konvergirt wird, nachher divergirend gegen H, und erreicht daher niemals die Linſe FG, ſo wie er auch nicht ins Auge bei E kommt. Allein die Büſchel, welche von den Punkten o und b ausfahren, werden von der Linſe FG aufgefangen, und vermöge derſelben parallel zu dem Auge geführt; folglich werden die entſprechenden Punkte des Bildes QP ſichtbar werden; diejenigen aber, welche weiter auswärts gegen H und I liegen, werden nicht geſehen. Dieſe Größe des Bildes QP, oder die ſichtbare Fläche heißt das Geſichtsfeld.

Man ſieht alſo hieraus, daß, wenn das Bild groß iſt, ein ſehr geringer Theil davon ſichtbar werden wird:

weil die Strahlenbüſchel größtentheils außerhalb dem Augenglaſe FG fallen werden. Auch ſieht man gleichfalls, daß ein Hülfsmittel, welches machte, daß die Büſchel, welche von den äußerſten Enden O und B des Gegenſtands ausfahren, zu dem Auge gelangen, einen größern Theil davon ſichtbar machen, oder mit andern Worten, das Geſichtsfeld vergrößern würde. Dieſes erfolgt durch das Einſchieben einer breiten Linſe DE von einer gehörigen Krümmung unter einem geringen Abſtande von dem Fokalbilde. Denn auf dieſe Art wird der Büſchel DM, welcher außerdem gegen H gegangen wäre, bis zu dem Auge refraktirt, wie man in der Vorſtellung ſieht, und die Seele erhält von daher den Begrif von dem Daſeyn eines ſtrahlenden Punkts bei Q, von welchem die Strahlen zuletzt ausgingen. Auf gleiche Art und aus dem nämlichen Grunde wird das andre Ende des Bildes bei P geſehen, und die zwiſchenliegenden Punkte werden gleichfalls ſichtbar gemacht. Zufolge dieſer Umſtände geſchieht es denn, daß zuſammengeſetzte Mikroſkope insgemein aus einer Objektlinſe LN beſtehen, wodurch das Bild gemacht, vergrößert und umgekehrt wird; aus einer erweiternden Linſe DE, wodurch das Geſichtsfeld vergrößert wird, und aus einem Augenglaſe, oder einer Linſe, wodurch das Auge in Stand geſetzt wird, ſich zu nähern, und folglich das Bild unter einem ſehr großen Winkel der ſcheinbaren Größe zu betrachten. Es iſt gegenwärtig gebräuchlich, zwei oder mehrere Linſen an dem Augenglaſe nach Art des Euſtachio Diwini und Herrn Joblot zu verbinden, auf welche Art die Aberration des Lichts von der Figur zum Theil verbeſſert, und das Geſichtsfeld vergrößert wird.

Von dem Sonnenmikroſkope.

Bei dieſem Inſtrumente wird das Bild des Gegenſtands auf einen Schirm in einem verfinſterten Zimmer geworfen. Es beſteht aus zwei beſondern Theilen, 1) dem Spiegel und der Linſe, welche die Abſicht haben, das Sonnenlicht auf den Gegenſtand zu reflektiren, und 2) aus demjenigen Theile, welcher eigentlich das Mikroſkop ausmacht, oder welcher das vergrößerte Bild des Gegenſtands giebt. Taf. VIII. Fig. 9. Es ſtelle NO die Wand eines verfinſterten Zimmers vor; GH iſt eine kleine konvexe Linſe, welche einer Oefnung in der Wand NO gegenüber liegt; AB iſt ein Planſpiegel, welcher außerhalb dem Zimmer liegt, um die Sonnenſtrahlen a, b, c u. ſ. f. auf die Linſe CD zu reflektiren, wodurch ſie konvergirt, und auf dem Gegenſtande konzentrirt werden, welcher ſich bei EF befindet.

2. Wenn nun der Gegenſtand ſolchergeſtalt erleuchtet wird, ſo wird der Strahl, welcher von E ausfährt, durch die Linſe GH zu einem Fokus K auf dem Schirme LM konvergirt werden; und der Strahl, welcher von F kommt, wird gleichfalls nach I konvergiren, ſo wie die zwiſchenliegenden Punkte zwiſchen I und K ſich befinden werden; ſo machen ſie denn ein Bild, welches um ſo vielmal größer als der Gegenſtand ſeyn wird, nach Verhältniß als der Abſtand des Schirms größer iſt als derjenige des Bildes von dem Gegenſtande.

Allgemeine Bemerkungen.

Zufolge dem, was bereits erwähnet worden iſt, ſieht man offenbar, daß die Vortheile, welche durch Mikroſkope erhalten werden, erſtlich von ihrer Vergrößerungs-

kraft herkommen, wodurch das Auge in Stand geſetzt wird, deutlicher die Theile kleiner Gegenſtände zu ſehen; zweitens daß durch ihren Beiſtand mehr Licht auf die Pupille des Auges geworfen wird, als es außerdem der Fall geweſen wäre. Die Vortheile, welche durch die Vergrößerungskraft erhalten werden, würden ohne den letztern Umſtand außerordentlich eingeſchränkt ſeyn, denn wenn die nämliche Menge Licht über eine ungleich größere Oberfläche verbreitet wird, ſo wird deſſen Stärke verhältnißmäßig vermindert, und der Gegenſtand würde daher, ob er ſchon vergrößert würde, undeutlich und dunkel ſeyn. Wir wollen auf ſolche Art annehmen, daß der Durchmeſſer des Gegenſtands zehnmal, und folglich die Oberfläche hundertmal vergrößert werde, ſo würde, wenn die Fokaldiſtanz des Glaſes acht Zoll wäre (vorausgeſetzt daß dies möglich ſey) und ihr Durchmeſſer wäre blos von der Größe der Pupille des Auges, der Gegenſtand hundertmal dunkler erſcheinen, wenn er durch das Glas geſehen wird, als wenn er von dem bloßen Auge betrachtet würde; und dies zwar in der Vorausſetzung, daß das Glas alles Licht durchgehen ließe, welches darauf fiele, welches aber bei keinem Glaſe der Fall iſt. Allein wäre das Glas blos von vier Zoll Fokaldiſtanz, und ſein Durchmeſſer bliebe wie vorher, ſo würde die Undeutlichkeit ſchon ſehr vermindert werden, weil das Glas dem Gegenſtande zweimal ſo nahe als vorher geſtellt werden könnte, und folglich viermal ſo viel Strahlen aufnehmen würde als im vorigen Falle, und wir würden daher ihn ungleich heller ſehen als es vorher der Fall war. Ginge man nun ſo weiter fort, und verminderte die Fokaldiſtanz des Glaſes, indeß man den Durchmeſſer deſſelben ſo groß als möglich behielte, ſo würden wir den Gegenſtand verhältnißmäßig vergrößert und hell und deutlich ſehen. Ob nun dies zwar der Fall der Theorie nach iſt, ſo giebt es doch bei optiſchen Inſtrumenten Gränzen,

zu welchen man man bald gelangt, die aber nicht überſchritten werden können. Dies entſpringt aus folgenden Umſtänden.

1. Aus der Menge des Lichts, welches verloren geht, ſo wie es durch das Glas geht.

2. Aus der Verminderung des Durchmeſſers des Glaſes oder der Linſe ſelbſt, wodurch es blos eine geringe Menge von Strahlen erhält.

3. Aus der außerordentlichen Kürze des Fokalabſtandes ſtarker Vergrößerer, wodurch der freie Zutritt des Lichts zu dem Gegenſtande, den wir zu ſehen wünſchen, verhindert, und ſo folglich die Reflexion des Lichts von demſelben geſchwächt wird.

4. Aus der Aberration der Strahlen, die vermöge ihrer verſchiedenen Refrangibilität verurſacht wird.

Um dies deutlicher zu machen, wollen wir eine Linſe annehmen, die von einer ſo ſchlechten Art Glaſe gemacht worden, daß ſie blos die Hälfte des Lichts durchgehen läßt, das auf dieſelbe fällt. Man ſieht denn offenbar, daß angenommen, dieſe Linſe ſey von vier Zoll Fokus, und vergrößere den Durchmeſſer des Gegenſtands zweimal, und ihre eigene Breite ſey gleich derjenigen der Pupille des Auges, ſo wird der Gegenſtand in der Oberfläche viermal vergrößert werden, allein nur halb ſo hell ſeyn, als wenn er vom bloßen Auge unter dem gewöhnlichen Abſtande geſehen würde; denn das Licht, welches auf das Auge von dem Gegenſtande unter acht Zoll Abſtand fällt, und wenn gleichfalls die Oberfläche des Gegenſtands in ſeiner natürlichen Größe iſt, beides durch 1 vorgeſtellt, ſo wird die Oberfläche des vergrößerten Gegenſtands 4, und das Licht, welches ihn ſichtbar macht, nur 2 ſeyn, weil,

obſchon das Glas viermal mehr Licht aufnimmt, als das unbewafnete Auge in der gewöhnlichen Entfernung zum deutlichen Sehen, doch die Hälfte des Lichts im Durchgehen durch das Glas verloren geht. Dieſem Uebel kann nur ſo fern abgeholfen werden, als es möglich iſt die Durchſichtigkeit des Glaſes zu vermehren, um beinahe alle darauf fallende Lichtſtrahlen durchzulaſſen: wie fern dies aber bewerkſtelliget werden kann, weiß man bis jetzt noch nicht.

Ein zweites Hinderniß der Vollkommenheit der Mikroſkope iſt der geringe Umfang ſtarker Vergrößerungsgläſer: denn aus dieſem Grunde nehmen ſie, ohngeachtet ſie dem Gegenſtande ſehr nahe gebracht werden, eine viel kleinere Menge Licht auf, als erwartet werden kann. So wird z. B. ein Glas von $\frac{1}{10}$ Zoll Fokalentfernung den ſichtbaren Durchmeſſer achtzigmal und die Oberfläche 6400mal vergrößern. Wenn die Breite des Glaſes zugleich ſo groß gehalten werden könnte als der Augenſtern, welchen wir gleich einem zehntel Zoll annehmen wollen; ſo würde der Gegenſtand 6400 mal vergrößert erſcheinen und jeder Theil würde ſo hell ſeyn, als er dem bloßen Auge erſcheint. Nehmen wir aber an, daß die Linſe nur $\frac{1}{20}$ eines Zolles im Durchmeſſer halte, ſo wird ſie alsdann blos den vierten Theil des Lichts aufnehmen, welches außerdem darauf gefallen ſeyn würde. Anſtatt alſo dem vergrößerten Gegenſtande eine Menge Licht gleich 6400 mitzutheilen, wird ſie eine Erleuchtung verſtatten, die gleich 1600 iſt, und der Gegenſtand wird folglich viermal dunkler erſcheinen, als er mit unbewafnetem Auge geſehen wird. Dieſem Mangel kann indeſſen dadurch großentheils abgeholfen werden, daß man eine größere Menge Licht auf den Gegenſtand wirft.

Das dritte Hinderniß entſpringt von der Kürze des Fokalabſtandes bei ſtarken Vergrößerungen. Dieſe Unvollkommenheit kann ebenfalls wie die vorhergehende durch künſtliche Anhäufung von Licht einigermaßen gehoben werden; allein immer wird auch das Auge dadurch angeſtrengt, daß es dem Glaſe näher gebracht werden muß, als es gut vertragen kann, wodurch alſo der Gebrauch ſehr tiefer Linſen, oder ſolcher, welche einer Vergrößerung über einen gewiſſen Grad hinaus fähig ſind, einigermaßen eingeſchränkt wird.

Das vierte Hinderniß entſteht von der verſchiedenen Brechbarkeit der Lichtſtrahlen, wodurch häufig ſolche Abweichungen von der wahren Erſcheinung der Dinge verurſacht werden, daß Viele die außerordentlichſten Entdeckungen gemacht zu haben glaubten und ſie der Welt als ſolche mittheilten, da es doch im Grunde nur optiſche, durch die ungleiche Brechung der Lichtſtrahlen veranlaßte Täuſchungen waren.

Ich endige hiermit eine andre Reihe von Vorleſungen, worin ich Ihnen die bekannten Eigenſchaften des Lichts, und unter vielen andern den wunderbaren Mechanism des Auges und wie dadurch nicht nur das Sehen bewirkt wird, ſondern welchen Beiſtand ihm auch die Gläſer gewähren, erklärt habe. Ich habe Ihnen ferner gezeigt, daß die Theilchen, woraus das Licht zuſammengeſetzt iſt, verſchiedene Farben beſitzen, und daß die Farbe jedes Theilchen weder durch Brechung noch durch Zurückwerfung verändert wird; daß diejenigen Theilchen, welche verſchiedene Farben beſitzen, ſich auch durch eine verſchiedene Brechbarkeit unterſcheiden, und daß das Licht dieſer Eigenſchaft wegen die Natur mit

ſo mannichfaltigen Schönheiten kleidet. Ich habe als-dann die Grundſätze vor Ihnen niedergelegt, worauf die Mikroſkope und Teleſkope beruhen, Werkzeuge, wo-durch die Gränzen des menſchlichen Wiſſens ſehr erwei-tert worden ſind. Endlich habe ich Ihnen auch in dieſen Vorleſungen bewieſen, daß Luft, Feuer und Licht die Kräfte in der Natur ſind, wodurch Leben und jede natürliche Bewegung bewirkt wird: eine Wahr-heit, die auch dem Unwiſſendſten in die Augen ſpringt, und wogegen der Gelehrteſte nichts einwenden kann.

Anmerkungen und Zuſätze des Ueberſetzers.

Es wäre gegen die Abſicht einer bloßen Anmerkung, wenn ich die neuere antiphlogiſtiſche Theorie in Rückſicht der Zuſammenſetzung und Zerlegung des Waſſers hier weitläuftig anführen wollte. Ich merke hier nur blos an, daß man von der Erzeugung des Waſſers durchs Verbrennen bereits Spuren in Boerhaave's Chemie findet, ſo wie ich denn nicht umhin kann, da Adams der Maſchinen nicht erwähnet, die zu dieſer Abſicht als Geräthſchaften unter dem Namen Gazometer oder Combuſtionsmaſchinen erfunden worden ſind, und beſonders dazu dienen, das Abbrennen der dazu erforderlichen Luftarten bequem zu veranſtalten, die verhältnißmäßigen Quantitäten der dazu angewandten Luft zu meſſen, und das dadurch erhaltene Waſſer gehörig zu ſammeln und zu wägen, hier etwas näher bekannt zu machen, wozu ich die letztere um vieles vereinfachtere Maſchine des Herrn von Marum wähle, in Rückſicht der mehr zuſammengeſetzten von Herrn Lavoiſier ſelbſt und eben dem Herrn von Marum aber mich auf Lavoiſier Traité element. de Chemie und Grens Journ. d. Phyſik V. B. beziehe.

Taf. IX. Fig. 1. iſt ss der Ballon, worin die Verbrennung der Luftarten geſchieht, nebſt ſeinem Fuße und zwei gekrümmten, in den Ballon ſich öfnenden Glasröhren, deren jede mit einer gläſernen Glocke verbunden iſt, die

auf einem Tiſche p ſtehen, und mit einer Skale verſehen ſind, die den Inhalt der Glocke von dem Rande der kupfernen Einfaſſung mm an gerechnet, in Kubikzollen angiebt. Dieſe Skale iſt von Elfenbein, und an dem Kupferbleche befeſtiget, das an die Einfaſſung mm, die einen Zoll hoch und auf dem Tiſche feſte iſt, angeſchraubt wird. Dieſe Skale reicht bis zur innern Fläche des Randes der Faſſung rr, wo es ebenfalls angeſchraubt iſt. Dieſe Glocke macht eigentlich das Gazometer, oder das Maaß des Luftvolumens aus.

Neben jeder Glocke befindet ſich ein Glaszilinder gg, der zwei Hähne nn hat, wodurch man das im Zilinder befindliche Waſſer ablaſſen, und auf jede beliebige Höhe ſtellen kann. Der Heber aabcde, der durchaus von einer Weite von ohngefähr $\frac{1}{2}$ Zoll ſeyn muß, beſteht aus drei Stücken, nämlich aus der gläſernen Röhre aa, die faſt bis an den Boden der Glocke geht, die vermittelſt des Hahns f mit der gekrümmten kupfernen Röhre bc verbunden wird; de iſt der dritte Theil dieſes Hebers, und beſteht gleichfalls aus einer Glasröhre, welche oberhalb in die an bc angeſchraubte kupferne Faſſung o geküttet iſt, und unterhalb faſt bis an den Boden des Gefäßes reicht, in dem der gläſerne Zilinder gg ſteht. Dieſer Heber macht, wenn er mit Waſſer angefüllt iſt, zwiſchen der Glocke und dem Zilinder gg eine ſolche Verbindung, daß ſich das Waſſer in beiden in gleiche Höhe zu ſetzen ſucht: denn ſteht es in der Glocke höher als im Zilinder, ſo läuft es aus jener in dieſen, und umgekehrt in jene, wenn es im Zilinder höher ſteht; und da man ſeine Höhe im Zilinder durch die Hähne nn willkührlich ändern kann, ſo kann man denn nach Gefallen Waſſer in die Glocke hinein, oder aus ihr herauslaufen laſſen.

Um nun Waſſer in das Gazometer zu gießen, kann auf den Hahn f ein Trichter aufgeſchraubt werden, wovon

der Durchſchnitt durch die Linien uu vorgeſtellt iſt, und ſodann, wenn das Gazometer gefüllt iſt, dient dieſer Trichter auch, um den Heber bc auf den Hahn f zu bringen, ohne daß die äußere Luft zudringen kann, in welcher Rückſicht man Waſſer in den Trichter gießt, nachdem man zuvor den Hahn f geſchloſſen. Wenn nun der Zilinder gg mit Waſſer gefüllt iſt, das ſich denn auch in der Röhre de in gleiche Höhe ſtellt, ſo zieht man das Waſſer durch Saugen an dem Ende b in den Heber bc, bis es bei b ausfließt, verſchließt ſodann dieſe Oefnung mit dem Finger, und bringt ſie auf den Hahn, bis ſie ſich unter der Waſſerfläche im Trichter uu befindet.

Um nun das Gazometer mit einer Luftart zu füllen, öfnet man den Hahn h, und läßt das Waſſer aus dem Zilinder gg laufen, bis es in ihm niedriger als in der Glocke ſteht. Wenn man nun auf den Hahn l ein biegſames Rohr ſetzt, das mit einer mit der bereiteten Luft angefüllten und auf dem pnevmatiſchen Apparate ſtehenden Glocke verbunden iſt, und ſodann den Hahn l öfnet, ſo ſaugt der Heber das Waſſer aus dem Gazometer in den Zilinder gg hinüber, und die Luft tritt durch das biegſame Rohr an deſſen Stelle. Dieſes Füllen ſetzt man fort, indem man den Hahn h offen läßt, damit das Waſſer, welches vermittelſt des Hebers in den Zilinder tritt, ablaufen könne, und das Waſſer im Zilinder immer einige Zolle tiefer bleibe, als im Gazometer. Indeß muß aber auch die Glocke, aus welcher das Füllen geſchieht, auf die gewöhnliche Art mit der nöthigen Luftart verſehen werden. Iſt nun das Füllen beinahe beendigt, ſo ſchließt man den Hahn h, und öfnet dagegen den untern Hahn n, deſſen Oefnung ſich mit dem Anfange der Skale des Gazometers in gleicher Ebene befindet, wo denn folglich das Waſſer genau bis an dieſe Linie tritt, und das Gazometer bis o der Skale mit der verlangten Luftart gefüllt

iſt. Ehe man nun aber den Hahn l wieder ſchließt, muß man dafür ſorgen, daß das Waſſer in der Glocke, aus welcher das Füllen geſchieht, nicht höher ſtehe, als dasjenige in der Wanne, welches ſie umgiebt, wo man denn nur die Glocke ſo tief in die Wanne ſenken darf, bis das innere und äußere Waſſer gleich hoch ſteht, damit die Luft in dieſer Glocke, und diejenige im Gazometer eben ſo dichte als die atmoſphäriſche ſey.

Um nun die Luft in den Ballon übergehen zu laſſen, muß man durch den Hahn q mehr Waſſer in den Zilinder gg gießen, damit es in dieſem höher als im Gazometer ſtehe, und der Heber es durch ſein Zurücklaufen wieder in das letztere bringe. Da der Heber ſeiner Natur nach das Waſſer deſto ſchneller übertreibt, je mehr Ueberſchuß die Waſſerhöhe im Zilinder über die im Gazometer hat, ſo folgt hieraus, daß man den Transport des Waſſers nach Gefallen regieren kann; und da eben dieſes Herübertreten des Waſſers die Urſache iſt, welche die Luft aus dem Gazometer durch den Hahn l in den Ballon treibt, ſo kann die Menge der Luft, welche in den Ballon einſtrömen ſoll, nach Gefallen beſtimmt werden, indem man das Waſſer im Zilinder mehr oder weniger hoch über der Oberfläche des Waſſers im Gazometer ſtehen läßt. Den Druck, der die Luft austreibt, beobachtet man vermittelſt eines Maaßſtabs, der in Zolle und Linien getheilt worden, und zwiſchen dem Gazometer und dem Zilinder gg geſtellt iſt.

Um nun die Waſſererzeugung durch ein fortgeſetztes langſames Verbrennen zu bewerkſtelligen, bedient ſich Herr von Marum eines gläſernen Ballons von 10 Zoll Durchmeſſer, der einen Hals von 1¼ Zoll Weite, und ohngefähr 2 Zoll Länge hat. Der Rand der Oefnung iſt abgeſchliffen, um den Hals des Ballons mit etwas Wachs

oder Talg auf einen kleinen Teller zu ſtellen, und ſo keine Luft in den Ballon trete. Dieſer Teller hat eine Röhre mit einem Hahne, um den Ballon auf eine Luftpumpe aufzuſchrauben, auszupumpen, und ſodann mit Lebensluft zu füllen. So wird der Teller nunmehr abgenommen, und der Ballon ſo ſchnell als möglich auf die kupferne Faſſung geſetzt, die ſich an dem Dreifuße in der Vorſtellung befindet. Auf dieſes Tiſchchen hat man vorher eine gläſerne Schale mit Queckſilber geſtellt, in welches man den Hals des Ballons eintaucht, wodurch die Lebensluft in dem Ballone verſperrt wird.

In den Ballon öfnen ſich zwei gekrümmte Glasröhren mit ihren Enden ss, die in gekrümmte kupferne Röhren tt gekuttet, und auf die Hähne l geſchraubt werden. Die Oefnung des Endes der Glasröhren, durch welches das brennbare Gas in den Ballon tritt, beträgt ohngefähr $\frac{1}{30}$ Zoll. Während dem man nun einen kleinen Strom von brennbarem Gas vermittelſt eines Drucks von 2 Zoll Waſſerhöhe heraustreten läßt, zündet man ihn in dem Augenblicke an, wenn der Ballon auf das Queckſilber geſtellt wird, wo denn durch die Wärme der Flamme die im Ballon enthaltene Lebensluft ausgedehnt wird. Dieſe Ausdehnung kompenſirt die Verzehrung der Luft im Anfange des Verſuchs, daß ſich das Luftvolumen im Ballon nicht eher merklich vermindert, als bis das Verbrennen einige Minuten gedauert hat, und daher der Hahn des Gazometers, das die Lebensluft zum Ballon liefert, nicht eher geöfnet wird, als bis man die Verminderung des Luftvolumens durch das Aufſteigen des Queckſilbers in dem Halſe des Ballons gewahr wird.

Ich habe dieſe kurze Beſchreibung des bisher bekannten einfachſten Gazometers aus Gehlers phyſikaliſchem Wörterbuche auszugsweiſe geliefert, verweiſe aber Lieb-

haber der Phyſik zu näherer Kenntniß und Behandlung deſſelben beſonders auf Herrn Prof. Grens bereits angeführtes Journal der Phyſik im V. und VI. Bande.

Ueber das Zuſammendrücken des Waſſers iſt vieles geſagt, verſucht und wiedergeſagt worden, ohne daß man noch bis gegenwärtig dieſe Eigenſchaft des Waſſers mit aller Zuverläſſigkeit behaupten kann. Zimmermann hat über die Elaſtizität des Waſſers alles angeführt, was ſeitdem in dieſer Rückſicht iſt gethan worden, von dem ich hier nur das Weſentliche entlehnen will. Man hat die Elaſtizität des Waſſers aus dem Abprallen eines Steins, welcher ſchief gegen die Waſſerfläche geworfen wird, aus dem Auffliegen fallender Waſſertropfen auf harte Körper, aus der Fortpflanzung des Schalls vermöge des Waſſers, in welcher Rückſicht beſonders Nollet ſehr lehrreiche Verſuche angeſtellt hat, und aus dem Zuſammenziehen einer Waſſermaſſe durch die Kälte zu erklären geſucht; indeſſen alle dieſe Folgerungen bedürfen demohnerachtet durch wirkliche Verſuche eines mechaniſchen Zuſammendrückens nähere Beſtätigung. Schon Bacon erwähnt eines ſolchen Verſuchs, vermittelſt welchen er das Waſſer bis auf einen gewiſſen Grad zuſammengedrückt habe, zuletzt aber wie ein feiner Thau durch das Gefäße gedrungen ſey. Aehnliche Verſuche ſtellten Boyle und Fabri an. Den größten Ruf haben in dieſer Rückſicht die florentiniſchen Verſuche mit verſchiedenen Gefäßen. Hollmann erhielt zu dieſer Abſicht von P. Shaw aus England eine eigene Maſchine. Nach Cantons Verſuchen ergab ſich, daß ein Druck, welcher doppelt ſo groß war, als die Schwere der Atmoſphäre, das Waſſer um $\frac{1}{10870}$ ſeines Volumens zuſammendrücke, welche Kompreſſibilität er beſonders im Winter ſtärker fand als im Sommer. Die ent-

ſcheidendſten Verſuche ſind indeſſen ohnſtreitig in dieſer Rückſicht vermöge der dieſerwegen von Herrn Abich angegebenen Maſchine geſchehen, vermöge welcher man die Zuſammendrückung von $26\frac{3}{4}$ Kubikzoll

	durch den Druck v. 745,181 Pf.	durch den Druck v. 2509,591 Pf.
bei Brunnenwaſſer	$\frac{1}{142,66}$	$\frac{1}{35,607}$
ſatur. Salzwaſſer	$\frac{1}{103,45}$	$\frac{1}{33,969}$
Milch	$\frac{1}{215,21}$	$\frac{1}{38,695}$
Brandtwein	$\frac{1}{224\ 76}$	$\frac{1}{45\ 664}$

gefunden. Ueberhaupt berechnet Canton aus ſeinen Verſuchen, daß das Meerwaſſer in einer Tiefe von 2 Engl. Meilen um 0,013 ſeines Volumens als oberhalb dichter ſey, ſo daß die ganze Höhe des Meers um 69 Fuß 2 Zoll tiefer ſey. Von den dieſerwegen erfundenen Maſchinen werde ich an einem ſchicklichern Orte das erforderliche anführen.

Ueber die Natur des Lichts hat man ehedem die ſonderbarſten Meinungen gehegt. Demokrit und Epikur nahmen unendlich feine Bilder der Gegenſtände an, die von ihnen zum Auge ſtrömten; andre, wie Empedokles, Hipparch und Plato ließen das Licht ſowohl aus den Augen als aus den Gegenſtänden fahren, und beider Ausflüſſe ſich unter einander begegnen. Ariſtoteles ſehr undeutliche Auslaſſung über das Licht gab den Scholaſtikern endlich Gelegenheit, das Licht blos als eine Qualität anzuſehen, und ſo in den Körpern das Analoge zu ſuchen. Die erſte große Revolution zu näherer Unterſuchung der Natur des Lichts gab nun wohl ohnſtreitig Deskartes, welcher zu dieſem Behufe den ganzen Weltraum ſich voller vollkom-

men harter Kügelchen dachte, die von den leuchtenden Theilen der Körper geſtoßen, und ſo durch dieſe das Licht fortgepflanzt würde, obſchon in der Folge wegen gegründeter Einwendungen die ſpätern Carteſianer dieſe Kügelchen aufgaben, und eine ähnliche elaſtiſche Materie annahmen, auch noch weiterhin von Mallebranche und Huyghens verſchiedene Aenderungen gemacht wurden.

Noch hatte indeſſen keine Meinung ſichern Fuß gewonnen, bis Newton jetzt ſeine zahlreichen neuen Entdekkungen bekannt machte, und, ob er ſchon eigentlich ſich mehr auf die Erſcheinungen und Geſetze des Lichts einſchränkte, doch für Materialität deſſelben geneigt war, und auch in der That ſehr faßliche Begriffe dieſerwegen vortrug, obſchon nachher, beſonders durch Herrn Euler, große Einwendungen gemacht worden ſind, die ich aber hier nicht vollſtändig anführen kann, da mich dies für eine bloße Anmerkung zu weit führen würde. Euler ſelbſt nimmt eine höchſt feine, flüſſige und elaſtiſche Materie durch den ganzen Weltraum verbreitet an, der er mit dem Huyghens den Namen Aether giebt, und der denn durch das Zittern der leuchtenden Körper eben ſo bewegt werde, wie die Luft durch die Schwingungen der ſchallenden Körper. Auch die antiphlogiſtiſche Chemie hat ſich in dieſe Unterſuchungen eingedrungen, was ich hier aber nur erwähnen kann, und mich übrigens auf Werke beziehe, die davon abſichtlich handeln, wohin ich beſonders Prieſtley's Geſchichte der Optik durch Klügeln rechne.

In Rückſicht der **Farben** ſind von jeher die Meinungen ſehr getrennt geweſen, daher auch, was ihre Erſcheinung betrift, und die immer blos Sache des Geſichts

iſt, keine Wörterklärung Statt finden kann, und in Rückſicht ihrer Wirkung man doch immer zu einer Hypotheſe ſeine Zuflucht nehmen muß. Nach den Pythagoräern war Farbe und Oberfläche einerlei. Epikur ging ſchon weiter, und lehrte, daß die Farbe nichts dem Körper eigenthümliches ſey, ſondern von gewiſſen Lagen ihrer Theile gegen das Auge herrühre. So erklärte auch Descartes ſie für Wirkungen eines zwiſchen den Körpern und dem Auge befindlichen Mittels, des Lichts, bis Newton die verſchiedene Brechbarkeit der Lichtſtrahlen entdeckte, und die Verbindung derſelben mit den Farben wahrnahm. Nach dieſem großen Manne ſind Farben nicht Modifikationen des Lichts durch Brechung und Zurückwerfung, ſondern urſprüngliche Eigenſchaften deſſelben, das in verſchiedenen Strahlen verſchieden iſt, daß aber mit einerlei Grade der Brechbarkeit auch immer einerlei Farbe verbunden iſt, die ſich denn auf keine Art weiter verändern läßt, wohl aber durch Vermiſchung ungleichartiger Lichtſtrahlen: eine Miſchung aus allen Farben giebt Weiß, eine gänzliche Beraubung derſelben Schwarz.

Die Entſtehung der Farben der natürlichen Körper erklärt Newton dadurch, daß gewiſſe ſolche Körper dieſe oder jene Gattung von Strahlen häufiger zurückwerfen als die übrigen, ſo wie denn auch in der That jeder Körper in dem Lichte, welches mit ſeiner Farbe gleichartig iſt, am lebhafteſten und glänzendſten ausſieht.

Eigentlich nimmt Newton unzählbare einfache Grundfarben an, wovon die bekannten ſieben nur die kenntlichſten Abſtufungen ſind. Dr. Wünſch nimmt ihrer nur dreie an, als Roth, Grün und Veilchenblau: die übrigen hält er für Miſchungen; er bedient ſich zu Beſtätigung ſeiner Theorie einer eigenen Vorrichtung aus fünf

gleichen und ähnlichen Priſmen aus einerlei Maſſe. Ueberhaupt gehört zu ſolchen Verſuchen eine außerordentlich genaue Behutſamkeit, wenn man nicht in Fehler verfallen will. Newtons Zimmer war mit ſchwarzem Tuche ausgeſchlagen, um alles fremde Licht abzuhalten.

In ſo fern folgerte Newton immer aus deutlichen Verſuchen; allein bei den Erſcheinungen an Farben dünner Körper mußte er jedoch viele Lücken durch Muthmaßungen ausfüllen, wo er denn auch nicht immer befriedigend wird.

Noch mehr häufen ſich die Schwierigkeiten, wenn man es wagt, das Weſen der Farben zu erklären. Die vornehmſten Hypotheſen in dieſer Rückſicht ſind diejenigen von Newton und Euler, allein beide laſſen Schwierigkeiten übrig, die noch bis jetzt nicht gelöſet werden können.

An natürlichen Körpern laſſen ſich indeſſen die Farben nicht ſelten verändern, wenn die Lage oder Spannung der Theile auf der Oberfläche, oder ſelbſt im Innern des Körpers ſo geändert wird, daß das Auge jetzt eine andre Farbe ſieht. Solche Veränderungen erfolgen nicht ſowohl täglich in der Natur, ſondern auch durch Kunſt. Das Färben und Mahlen beruht hierauf. Hierher gehören auch die ſogenannten ſympathetiſchen Dinten.

Noch giebt es Farben, die blos zufällig genennt werden müſſen, die dem Lichte eigentlich nicht eigenthümlich ſind, ſondern mehr von einer beſondern Beſchaffenheit oder einem eigenen Zuſtande des Auges herrühren. Darwin theilt dieſe Spektra im Auge, wie er ſie nennt, in vier Klaſſen, nämlich 1) ſolche, die von allzugroßer Thätigkeit, 2) von Mangel an Empfindlichkeit der Netzhaut herrühren, 3) direkte Spektra mit dem geſehe-

nen Gegenſtande von gleicher Farbe, und 4) inverſe Spektra von verſchiedener Farbe. Man hat hievon die auffallendſten Beiſpiele. Darwin erwähnt eines Verſuchs, der an ſich unterhaltend iſt. Er ſchrieb nämlich auf ein vierzolliges gelbes Quadrat mit blauer Farbe den Namen BANKS. So kehrte er den Rücken gegen die Sonne, und heftete die Augen gegen eine Minute auf N, ſchloß ſie darauf zu, und beſchattete ſie etwas mit der Hand, wo er in einem blauen Spektrum das ganze Wort mit gelber Schrift, und als er die Augen gegen eine gelbe 20 Fuß entfernte Wand richtete, den vergrößerten Namen BANKS mit goldenen Buchſtaben ſahe.

Was Adams in Rückſicht des Caſtelſchen Farbenklaviers und deſſen Unzweckmäßigkeit erwähnet, iſt auch von Mairan, Heydenreich und andern noch mehr berichtiget worden: indeſſen verdient doch, was Thomſon in ſeiner Abhandlung von den komparativen Dichtigkeiten des Lichts erwähnet, die ich in meiner Sammlung von Inſtrumenten V. Th. aufgenommen habe, einer nähern Unterſuchung.

Zum Behuf der Kunſt hat man ſogenannte Farbendreiecke oder Farbenpyramiden, in welcher Hinſicht ich zum Nachleſen folgende Schriften empfehle: *Caſtel* l'optique des couleurs. Par. 1740. *Blon* Harmony of colouring. Lond. 1737. *Zahn* Oculus artificialis teledioptricus Herbip. 1681. fol. T. Mayers mathematiſcher Atlas, Schäfer Entwurf einer allgemeinen Farbenverein. Regensb. 1769. 4. Schiffermüller Verſuch eines Farbenſyſtems Wien 1772. 4. Lamberts Beſchr. einer Farbenpyramide. Berl. 1772. 4. *Mayer* de affinitate colorum cura G. L. Lichtenberg. Gött. 1776. 4. u. a. m.

In Rückſicht der Hypotheſe des Newton von Farben, ſo viele gegründete Zweifel auch dagegen vorgebracht werden können, muß man jedoch das große Genie bewundern, das überall ſo ſtark vorleuchtet. Man hat indeſſen in der Folge weiter zu gehen verſucht, wo ich aber hier nur deſſen erwähnen will, was der Abbe Mazeas aus ſeinen neuern Verſuchen folgert, und woraus man zugleich ſieht, daß Newton doch verſchiedenes Weſentliche überſehen habe. Wenn man nämlich zwei polirte Glasplatten an einander reibt, ſo wird man zuweilen in der Mitte, zuweilen aber nach dem Rande hin einen Widerſtand empfinden, und an dem Orte, wo ſich dieſer äußert, einige rothe und grüne krumme Linien bemerken. Fährt man mit Reiben fort, ſo entſtehen deren mehrere, und verwandeln ſich endlich in Farbenringe, wobei zu gleicher Zeit die Gläſer ſehr ſtark zuſammenhängen. Eben dieſes nebſt dem ſchwarzen Flecke in der Mitte ſahe Mazeas noch ſchöner und deutlicher an zwei Priſmen, wenn ſie zuſammen gelegt wurden, und ſolchemnach ein Parallelepipedum machten. Durch Hitze wurden die Farben aufgehoben, indeſſen aber hingen die Gläſer immer noch ſtark an einander, und ſo wie ſie abkühlten, kamen die Farben auch wieder zum Vorſchein; bei zuſammengedrückten Objektgläſern verſchwanden die Farben auch durch Hitze nicht, ſo wie Mazeas die Farben auch bei flachen Gläſern ſelbſt über dem Feuer wieder erwecken konnte, wenn er ſie mit Zangen faßte, und nochmals rieb. Dieſe Verſuche hat dü Tour nebſt mehrern andern wiederhohlt, und bemerkt zu gleicher Zeit, daß die Luft zwiſchen den Gläſern keineswegs die Urſache der Farbenringe ſey, ſondern vielmehr ihr Entſtehen hindere, ſo wie ſie ſich an das Glas anhängt, ſo daß ſie nicht eher entſtehen, als bis die Luft vollkommen vertrieben worden.

Hier dürfte es wohl nicht unzweckmäßig ſeyn, wenn ich für den Phyſiker die ſo intereſſante Abhandlung über die Inflexion, Reflexion und die Farben des Lichts des Henry Brougham Esq. aufnehme, ſo wie ſie in den philoſ. Transakt. der Londner Königl. Societät vom J. 1796 ſteht. Sie macht gewiſſermaßen eine Fortſetzung der Newtonſchen Verſuche aus, durch welche ſo große Aufſchlüſſe über die Natur des Lichts gegeben, oder wodurch, wenn man lieber will, wenigſtens der Grund dazu gelegt worden.

„Es iſt mir immer wunderbar geſchienen, da die Natur an denjenigen verborgenen Analogien ein Vergnügen zu haben ſcheint, die ſie in Stand ſetzen, während der Verſchiedenheit Einfachheit und ſelbſt Gleichförmigkeit zu erhalten, daß in den Theilen des Lichts in Rückſicht der Inflexion und Reflexion nichts vorhanden ſeyn ſollte, was ihrer verſchiedenen Refrangibilität analog oder ähnlich wäre. Um nun des Daſeyns ſolcher Eigenſchaften verſichert zu werden, fieng ich denn an, eine Reihe von Verſuchen und Beobachtungen anzuſtellen, deren nähere Erwähnung das Eigenthümliche dieſer Abhandlung ausmachen ſoll. In Rückſicht der deutlichen Ueberſicht fange ich daher mit dem analytiſchen Zweige des Gegenſtands an, und umfaſſe meine Bemerkungen in zwei Theile: die Flexion oder Biegung der Strahlen in ihrem Wege durch die Körper, und Reflexion. Ich ſchließe ſodann vermöge einer Anwendung der Grundſätze, auf ſynthetiſche Art, als ich hier zur Erklärung der Erſcheinungen gegeben habe.

Da bei jeder Experimentaluntersuchung auf die Aufmerkſamkeit vieles ankommt, die man auf die kleinſten Umſtände verwendet, ſo muß ich zu meiner eigenen Rechtfertigung erwähnen, daß jeder Verſuch ſo einzeln und beſon-

ders als möglich unmittelbar aufgeſchrieben worden, nachdem er unternommen worden; daß ſie ſämtlich beinahe ein ganzes Jahr hindurch jeden Tag wiederhohlt worden, der hierzu günſtig war, und zwar in Gegenwart verſchiedener Perſonen; und da alles gleich einer vorgefaßten Meinung, in Rückſicht was Theorie betrift, und worüber noch Streitigkeiten obwalten, auf uns, wie es mehr als wahrſcheinlich iſt, in der Art unſrer Folgerungen, und ſelbſt in der Art der Erwähnung der Verſuche, die uns dazu führen, Einfluß haben dürfte, ſo habe ich mich ſo viel als möglich bemühet, die Worte des Brahminen ſtets vor Augen zu haben: „daß derjenige, welcher halsſtarrig irgend Meinungen anhängt, endlich ſelbſt dahin vermocht werden könne zu glauben, daß friſches Sandelholz eine Feuerflamme ſey *).

I. Theil. Von der Flexion.

Um unſre Begriffe in Rückſicht eines Gegenſtands feſtzuſetzen, der niemals mit mathematiſcher Genauigkeit behandelt worden iſt, wollen wir gegenwärtig annehmen, daß auf alle Theile des Lichts auf ihrem Wege durch Körper eine gleichförmige Wirkung erfolge.

1. Erkl. Wenn ein Strahl innerhalb einem gewiſſen Abſtande eines Körpers geht, ſo wird er einwärts gebogen; dieſes wollen wir Inflexion nennen. 2. Geht er bis zu einer noch größern Entfernung fort, ſo wird er abwärts gewendet; dies kann Deflexion genennt werden. 3. Der Winkel der Inflexion iſt derjenige, welchen der inflektirte Strahl mit der Linie macht, die parallel mit dem Rande des inflektirenden Körpers gezogen wird, und

*) Aſiatic Reſearches Vol. I. p. 224.

der Winkel des Einfalls iſt derjenige, welcher durch den Strahl von der Inflexion in dem Punkte geſchieht, wo er auf die parallele Linie ſtößt. Und ſo der Winkel der Deflexion.

1. Satz. Die Kraft, wodurch Körper die Strahlen inflektiren und deflektiren, wirkt in ſenkrechten Linien mit ihren Oberflächen.

2. Satz. Die Sinus der Inflexion und Deflexion verhalten ſich jeder von ihnen zum Sinus des Einfalls in einem gegebenen Verhältniſſe; (welches dieſes Verhältniß ſey, ſoll in der Folge näher beſtimmt werden.)

3. Satz. Die biegende Kraft iſt zu der ſtoßenden Kraft des Lichts wie der Sinus des Unterſchieds zwiſchen den Winkeln der Inflexion (oder Deflexion) und des Einfalls zum Koſinus des Winkels der Inflexion (oder Deflexion).

4. Satz. Die Lichtſtrahlen können dahin gebracht werden, daß ſie ſich um einen Mittelpunkt in einer ſpiralförmigen Laufbahn bewegen.

5. Satz. Wenn die inflektirende Oberfläche von einer beträchtlichen Größe, und eine Fläche iſt, ſo kann die beſchriebene Krümmung vermittelſt des 41. Satzes des 1. Buchs der Principien gefunden werden; blos vorausgeſetzt, daß das Verhältniß der Kraft zu dem Abſtande gegeben ſey. Wenn ſolchergeſtalt die biegende Kraft umgekehrt iſt, wie der Abſtand, ſo kann die Krümmung nicht gefunden werden; denn um ihre Aequation zu erhalten, müßte eine krummlinichte Fläche quadrirt werden, welches in dieſem Falle eine koniſche Hyperbel iſt; das Verhältniß indeſſen zwiſchen ihren Ordinaten und Ab-

ſciſſen kann in Flexionen auf dieſe Art erhalten werden: $vy + by = a^2 x^2$.

Wenn die Kraft (welches am meiſten wahrſcheinlich iſt) umgekehrt iſt, wie das Quadrat des Abſtands, ſo iſt die Krümmung, welche quadrirt werden ſoll, die kubiſche Hyperbel; Species LXV. Genus III. von Newton Enumeration; und iſt dieſe zu quadriren, ſo wird die von dem Lichte beſchriebene Krümmung die reine glockenartige Parabel ſein; Species LXIX. des Newton.

Wenn die Kraft umgekehrt iſt, wie der Kubus des Abſtands, ſo iſt die Krümmung ein kreisförmiger Bogen, und diejenige der Deflexion eine koniſche Hyperbel *). Wenn der inflektirende Körper eine Kugel oder ein Zylinder iſt, und die Kraft iſt umgekehrt wie das Quadrat des Abſtands von der Oberfläche, ſo iſt vermöge Prop. 71. 1. B. Principia die Attraktion gegen den Mittelpunkt umgekehrt wie das Quadrat des Abſtands von dieſem Mittelpunkte: der Strahl bewegt ſich daher nach Prop. 11. und 13. eben dieſes Buchs in einer Ellipſe durch die inflektirende, und in einer Hyperbel durch die deflektirende Kraft, wo jeder einen Fokus in dem Mittelpunkte des Körpers hat. Die Richtigkeit alles deſſen werden Mathematiker leicht beſtimmen.

6. Satz. Wenn ein Strahl auf eine Spiegelfläche fällt, ſo wird er vor dem Einfalle in eine Krümmung gebogen, die zwei Punkte von entgegengeſetzter Biegung hat, worauf er denn in entgegengeſetzter Richtung in eine gleiche und ähnliche Krümmung wie Taf. X. Fig. 1. zurück gebogen wird.

*) Principia Lib. I. Prop. 8.

Zuſatz. Wenn ein Strahlenbüſchel konvergirend auf einen dazwiſchen gelegten Körper fällt, ſo wird der Schatten um das Zwiefache des Sinus der Inflexion geringer ſeyn als der Körper.

Wenn ein Büſchel divergirend auf einen Körper fällt, ſo wird der Schatten um das Zwiefache des Sinus der Inflexion größer ſeyn; aber geringer als es ſeyn ſollte, wenn die Strahlen ohne Biegung fortgegangen wären, welches das Zwiefache des Sinus des Unterſchieds zwiſchen den Winkeln der Inflexion und des Einfalls beträgt. — Der Sinus oder der Winkel des Einfalls iſt größer als der Sinus oder der Winkel der Inflexion, wenn die einfallenden Strahlen einen ſpitzigen Winkel mit dem Körper machen; allein machen ſie einen ſtumpfen oder rechten Winkel, ſo iſt alsdann der Sinus oder Winkel der Inflexion geringer als derjenige des Einfalls. Der Sinus des Einfalls iſt größer als derjenige der Deflexion, wenn der Winkel, welcher von dem einfallenden Strahle mit dem Körper gemacht wird, ſtumpf iſt, allein geringer, wenn dieſer Winkel ein ſpitziger oder rechter iſt. — Wenn eine Kugel oder ein Kreis in einen Lichtſtrahl gehalten wird, ſo kann man die Strahlen gegen einen Fokus konvergiren laſſen.

Bisher haben wir angenommen, daß die Theile, aus denen das Licht beſteht, alle einerlei Neigung haben, eine Wirkung von Körpern zu erlangen, welche ſie inflektiren und deflektiren; allein wir werden jetzt ſehen, daß dies keinesweges der Fall iſt.

1. Beobacht. Ich ließ in mein verfinſtertes Zimmer einen Strahl des Sonnenlichts durch eine Oefnung in einer metallnen Platte (die am Fenſterladen befeſtiget war) von $\frac{1}{40}$ Theil eines Zolls im Durchmeſſer fallen; und da

alles andre Licht durch ein ſchwarzes Tuch, welches vor das Fenſter und im ganzen Zimmer gehangen war, eingeſogen wurde, ſo legte ich vor die Oefnung ein gläſernes Priſma, deſſen refraktirender Winkel 45 Grad betrug, und ganz mit ſchwarzem Papier bedeckt war, ausgenommen an jeder Seite einen kleinen Theil, welcher frei von allen Flecken und Unreinigkeiten war, und wodurch das Licht ſolchergeſtalt refraktirt wurde, da ein deutliches und hinreichend homogenes Bild auf einer Karte gegen 6 Fuß von dem Fenſter entſtand. In die Strahlen und 2 Fuß von dem Priſma, ſetzte ich eine ſchwarze unpolirte Nadel, (deren Durchmeſſer durchaus $\frac{1}{10}$ eines Zolls betrug) parallel mit der Karte, und in einer vertikalen Stellung. Ihr Schatten wurde dann auf das Bild auf der Karte geworfen, und hatte einen beträchtlichen Halbſchatten, beſonders in dem helleſten Roth, denn es war keinesweges von einerlei Stärke in allen ſeinen Theilen; derjenige in Violet war am breiteſten und deutlichſten; derjenige in Roth am engſten und am undeutlichſten, und derjenige in den Zwiſchenfarben, von einer mittlern Stärke und Grade der Deutlichkeit. Er war nicht durch gerade, ſondern durch krumme Seiten begränzt, die gegen die Axe konvex waren, gegen welche ſie ſich als zu einer Aſymptote näherten, und zwar am nächſten in den am wenigſten refrangibeln Strahlen, wie Fig. 2 vorgeſtellt worden, wo AB die Axe, IKLMNA und HGFEDA die zwei Umriſſe ſind. Dies kann keineswegs von einer Unregelmäßigkeit der Nadel herrühren, denn eben dies war der Fall bei allen Arten von Körpern, deren man ſich bediente; desgleichen auch wenn das Priſma um ſeine Axe bewegt wurde, ſo daß die Farben an dieſen Körpern auf- und abwärts ſtiegen, wo eben auch da, wo das Roth hinfiel, der kleinſte, und wo das Violet war, der größte Schatten entſtand.

2. Beobacht. An die Stelle der Nadel befeſtigte man jetzt einen Schirm mit einer großen Oefnung, worin ſich eine metallne Platte befand, in der eine kleine Oefnung von $\frac{1}{42}$ eines Zolls im Durchmeſſer gebohrt worden; ſodann ließ ich einen Beigehülfen das Priſma langſam um ſeine Axe ſich bewegen, und ich beobachtete das runde Bild, welches von den verſchiedenen Strahlen gemacht wurde, die durch die Oefnung bis zur Karte gingen; dasjenige, welches durch das Roth gebildet wurde, war das größte, dasjenige aber von dem Violet das kleinſte, und von den zwiſchenliegenden Strahlen von zwiſchenliegender Größe. Auch waren, wenn ich hinter der Oefnung die ſcharfe Klinge eines Meſſers hielt, um die Franzen zu erhalten, deren von Grimaldo und Newton erwähnet worden, dieſe Franzen in dem Roth am breiteſten, und größtentheils einwärts gegen den Schatten gewendet, ſo wie ſie auch am meiſten ausgebreitet waren, wenn das Meſſer über die Oefnung bewegt wurde; die Oefnung ſelbſt auf der Karte war während der Bewegung vergrößert, wenn ſie durch Roth, als wenn ſie durch andre Strahlen, am wenigſten überhaupt, wenn ſie durch Violet erleuchtet wurde. Nun war zufolge der 1. Beobachtung der Winkel des Einfalls der rothen Strahlen gleich demjenigen der violetten und aller übrigen, und doch war der Winkel der Inflexion am größten, und am geringſten bei Violet; in der That war der Unterſchied zwiſchen beiden größer, als es anfangs aus dem Verſuche ſcheint; denn derjenige Theil des Schattens, welcher durch das Violet entſtand, fiel unter einem größern Abſtande von dem Punkte des Einfalls, als derjenige, welcher durch das Roth von der Divergenz der verſchiedenen Strahlen aufwärts durch die Refraktion entſtand, wie man Fig. 3 ſieht, wo DE das Fenſter, FG der Strahl, welcher durch die Oefnung F fortgepflanzt, durch das Priſma KIH refraktirt, und auf der Karte

OPqv abgebildet wird; das Bild vr wurde in Lv die rothen Strahlen getrennt, welche auf die Nadel CD bei C fielen, und Mv die violetten, die bei D einfallen; der Schatten von DG wird in vr gebildet, ſo daß v weiter von D iſt als r von C, es muß daher (vermöge der bereits vorausgeſchickten Sätze) der Schatten in v beträchtlich kleiner ſeyn, als derjenige in r, wenn die Strahlen gleichförmig inflektirt wären. Endlich war in der 2. Beobachtung der Winkel des Einfalls von Roth beinahe gleich demjenigen des Violet vermöge der Bewegung des Priſma, und der folgenden Bewegung der Farben; nur daß, wenn es ja irgend einen Unterſchied gab, er an der Seite von Violet war; und doch war das Violet am wenigſten inflektirt, und das Roth am meiſten; eben dies war auch der Fall bei der zweiten Inflexion durch die Meſſerklinge: ich folgere daher, daß die Strahlen des Sonnenlichts im Grade der Inflexibilität verſchieden ſind, und daß diejenigen, welche am wenigſten refrangibel ſind, am meiſten inflexibel ſind.

3. Beobacht. Mein Zimmer war verfinſtert wie vorher, und ein koniſcher Strahl durch die kleine Oefnung in dem Fenſterladen durchgelaſſen; bei dieſer Oefnung ſtellte ich ein hohles Priſma, welches aus Spiegelplatten gemacht war, und einen ſolchen Winkel hatte, daß wenn es mit deſtillirtem Waſſer gefüllt wurde, es ein Bild auf eine horizontale Tafel warf, und hier auf einer Karte 7 Fuß von dem Fenſter aufgefangen wurde. Ich legte ſodann auf die nämliche Tafel, und in die Strahlen zwiſchen der Karte und dem Priſma ohngefähr 3 Zoll von der Karte, zwei ſcharfe Meſſerklingen mit flachen Rändern, und an ein Bret mit Wachſe befeſtiget, ſo daß ſie mit einander einen Winkel machten; ſo bewegte ich ſie näher und näher,

bis ich die Franzen in dem rothen Lichte auf der Karte, und ſodann in den orange und übrigen Farben nach und nach zum Vorſchein kommen ſahe. Ich nahm ſodann eine weg, und die Franzen wurden blaß und enge, und nicht alle innerhalb dem Schatten des übrigbleibenden Meſſers, ſondern an deſſen Rande, und ſelbſt in dem Lichte des Bildes. Als ich endlich langſam das andre näherte, ſo bewegten ſie ſich in den Schatten, und wurden breiter und weiter von einander getrennt, wo es ähnliche Franzen in beiden Schatten gab; dies wiederhohlte ich in allen Strahlen, wo ich deutlich ſahe, daß bei Näherung des Meſſers, die Franzen breiter, und weiter von einander, und von dem Lichte in dem Roth als in dem Violet, oder irgend andern Strahlen abgeſetzt wurden.

4. Beobacht. Bei Wiederhohlung des vorigen Verſuchs bemerkte ich eine ſehr ſonderbare Erſcheinung. Wenn der Winkel der Meſſerklingen ſolchergeſtalt in irgend einen der Strahlen gehalten wurde, daß die hyperboliſchen Franzen erfolgten, wie ſie von Newton beſchrieben worden ſind *), und dieſe jederzeit von der Farbe waren, in welcher ſie gehalten wurden, während dem der Winkel etwas ſolchergeſtalt bewegt wurde, um die Franzen außerhalb dem Lichte zu machen, welches zur Spitze irgend einer Abtheilung des Bildes, und ſo auch außerhalb desjenigen ging, welches nahe zum Boden des nächſten ging, ſo entſtanden die Franzen von zwei Farben; ein Theil war von der höchſten Farbe, und der andre von der tiefſten, beide aber waren auf dem Grunde der höchſten. Wurden ſie nun ſolchergeſtalt in der Gränze von Grün und Blau gehalten, ſo war die obere Hälfte jeder Franze blau, die untere grün, beide Theile aber in der

*) Optics. Book III. Obſ. 8.

blauen Abtheilung des Bildes; da ich nun das nämliche in allen Strahlen verſuchte, ſo war es offenbar, daß das Roth weiter in das Orange, und das Orange in das Gelb bewegt wurde, als das Blau in den Indig, oder das Indig in Violet. Nun entſtanden nach der 3. Beobachtung die Franzen durch die Inflexion des einen Meſſers, und wurden in deſſen Schatten bewegt, und durch die Deflexion des andern getrennt und erweitert, und zwar dieſes am meiſten in dem Roth, am wenigſten hingegen in dem Violet: auf gleiche Art wurden in der 4. Beobachtung die Franzen einer Farbe in der Region der nächſten deflektirt, und zwar am meiſten in Roth, am wenigſten in Violet; obſchon in beiden Beobachtungen das Violet nach der Lage der Karte am weiteſten von dem Winkel war, und wären folglich die Strahlen gleichförmig deflektirt worden, das Violet durch die Deflexion am weiteſten hätte bewegt, und am meiſten erweitert ſeyn ſollen; da ich aber ſahe, daß unter gleichen Winkeln des Einfalls in der dritten, und unter kleinern in der vierten Beobachtung, das Roth am meiſten, und das Violte am wenigſten deflektirt wurde, ſo ſieht man deutlich, daß die am meiſten inflexibeln Strahlen auch am meiſten deflexibel ſind.

Nachdem ich nun ſolchergeſtalt gefunden, daß die Theile des Lichts in der Flexibilität abweichen, ſo wünſchte ich nunmehr zweierlei näher zu kennen; in welchem Verhältniſſe nämlich der Winkel der Inflexion zu demjenigen der Deflexion unter gleichem Einfalle ſey; und zweitens, welches Verhältniß die verſchiedenen Flexibilitäten der verſchiedenen Strahlen zu einander haben. Allein zuerſt muß die Natur der gefärbten Franzen näher eingeſehen werden, ſo daß ich dieſe Unterſuchung verſpare, bis ich die Grundſätze in Anwendung

gebracht habe, als ich hier gegeben, um die natürlichen Erſcheinungen zu erklären, während dem ich zum

II. Theile Von der Reflexion

übergehen will. Daß Körper Licht vermöge einer zurückſtoßenden Kraft reflektiren, die ſich bis zu einer gewiſſen Entfernung von ihren Oberflächen erſtreckt, hat ſeit Sir Iſaak Newton niemand geläugnet *). Nur erſtreckt ſich dieſe Kraft bis ungleich weiter, als diejenige des ſcheinbaren Kontakts, da die Attraktion unter einem geringern Abſtande anfängt, als derjenige, unter welchem vorher ein Abſtoßen Statt fand, wie man aus folgender Erklärung ſehen wird, die ich eben finde, wie in Rückſicht der Theorie des Boſcowich allgemein iſt **). In Fig. 4. habe der Körper A für P eine Attraktion, die unter dem Abſtande von AP zu PM verhältnißmäßig iſt; nun bewege ſich P gegen A ſo, daß es in die Lage P′ kommt, und es ſey hier die Attraktion P′M′; da ſie während der Bewegung von P zu P′ fortlaufend iſt, ſo iſt MM′ eine krumme Linie. Nun iſt in dem Falle der Attraktion der Körper für Licht, und zu einander, PM geringer als P′M′, und folglich kehrt MM′ nie wieder in ſich ſelbſt zurück, daher es ewig fortgehen muß, wo es ſeinen Bogen zwiſchen AB und AC hat, wohin ſie ſich wie Aſymptoten nähert; die Abſciſſe ſtellt jederzeit den Abſtand vor, und die Ordinate die Attraktion unter dieſem Abſtande: nunmehr laſſe man P′ ſeine Bewegung bis P″ fortſetzen, ſo wird ſich M′ bis M″ bewegen, und wenn P″ auf A

*) Optics B. III. prop. 29.

**) Nova theoria philoſophiae naturalis.

ſtößt, oder die Körper in vollkommnen Kontakt kommen, ſo wird P″M″ unendlich ſeyn; ſo daß die Attraktion, wenn ſie in Kohäſion verwandelt wird, unendlich, und die Körper untrennbar gegen alle allgemeine Erfahrung ſeyn wird; und daher P niemals näher zu A als bis zu einer gegebenen Entfernung kommen kann. In dem Falle der Schwere iſt PM umgekehrt, wie das Quadrat von AP, ſo daß die Krümmung NMM″ die kubiſche Hyperbel iſt; indeſſen findet der Beweis Statt, wie auch das Verhältniß der Kraft zu dem Abſtande beſchaffen ſey. Man ſieht alſo, daß Flexion, Refraktion und Reflexion vermöge einer Kraft bewirkt werden, die in einer beſtimmten Entfernung wirkt; und man hat Grund, ſchon a priori anzunehmen, daß, ſo wie dieſe nämliche Kraft unter andern Umſtänden bis zu einem verſchiedenen Grade auf die verſchiedenen Theile des Lichts wirkt, um ſie zu refraktiren, inflektiren und deflektiren, ſie auch unter gleichen Veränderungen wirken müſſe, um ſie zu reflektiren. Wir wollen den Beweis ſehen, welcher uns in Stand ſetzt, die Muthmaßung zur Gewißheit und Ueberzeugung zu bringen.

1. Beob. Als die Sonne in mein verfinſtertes Zimmer durch eine kleine Oefnung $\frac{1}{40}$ eines Zolls im Durchmeſſer ſchien, ſetzte ich eine Nadel von $\frac{1}{30}$ eines Zolls im Durchmeſſer in den Lichtkegel (einen halben Zoll von der Oefnung) geneigt gegen die Strahlen unter einem Winkel von ohngefähr 45°, deren Schatten auf einer damit parallel geſtellten Karte unter einem Abſtande von 2 Fuß aufgenommen wurde. Der Schatten war durch die drei Franzen zu jeder Seite umgeben, wie ſie von Grimaldo entdeckt worden; außer dieſen waren zwei Streifen von weißem Lichte, welche von den Schatten divergirten, und helle Farbenflecke hatten, die aber un-

regelmäßig auf- und abwärts vertheilt waren; als ich mich aber einer andern Nadel bediente, deren Oberfläche genau polirt war, und ſie der Oefnung näher ſetzte als vorher, ſo wurden die Farben in den Streifen ungleich heller (und die Streifen ſelbſt mehr enge) und erſtreckten ſich von einer Seite bis zur andern, ſo daß, ausgenommen in einigen wenigen Punkten hier und da jetzt kein Weiß mehr zu ſehen war; bewegte man die Nadel, ſo bewegten ſich auch die Farben. Allein ſie verſchwanden, wenn die Nadel ihrer Politur beraubt wurde, und man ſie in die Flamme eines Lichts hielt, oder wenn man ſich ſtatt einer Nadel einer Rolle von Papier bediente; auch waren ſie ungleich heller in direktem als in reflektirtem Lichte, und in dem Lichte der Sonne in dem Fokus einer Linſe, als in direktem unrefraktirtem Lichte. Als ich ein Stück Papier rund um die Oefnung in dem Fenſterladen legte, bemerkte ich, daß die Farben hier fortfuhren; und neigte ich die Karte gegen den Punkt, wo ſie aufhörten, ſo ſahe ich ſie darauf fortfahren, und ſodann wie vorher bis zum Schatten weiter gehen. Wurde die Nadel horizontal, oder doch beinahe ſo gehalten, ſo ſahe man ſie von einer ſtarken Größe auf dem Boden, den Wänden und der Decke des Zimmers, wo ſie einen großen Kreis bildeten; und wurde die Karte horizontal gelegt, und die Nadel zwiſchen der Oefnung und derſelben in einer vertikalen Lage gehalten, ſo ſahe man den Kreis auf der Karte, und wurde oval, wenn man die Nadel etwas gegen den Horizont neigte.

2. Beob. Nachdem ich eine helle Reihe von Farben, wie bei der letztern Beobachtung, hervorgebracht hatte, ſo betrachtete ich ſie ſo aufmerkſam, als es möglich war, und fand, daß ſie ſich in Reihen theilten, zuweilen durch einen Strahl von weißem Lichte getrennt,

zuweilen durch eine Schattenlinie, zuweilen fortlaufend, oder auch ſelbſt daß ſie zum Theil in einander liefen. Sie waren Spektra oder Sonnenbilder, denn ſie veränderten ſich mit dem leuchtenden Körper, durch deſſen Strahlen ſie entſtanden, und mit der Größe des Strahls, in welchen die Nadel gehalten wurde; wenn ich nun, indem ich ſie zwiſchen mein Auge und dem Lichte etwas gegen eine Seite ſetzte, die Farben auf meine Netzhaut fallen ließ, ſo ſahe ich deutlich, daß ſie dem Lichte ähnlich waren, ſowohl der Geſtalt als der Größe nach, (obſchon etwas ausgedehnt) desgleichen auch in der Bewegung, weil, wenn die Flamme etwas oberhalb geblaſen wurde, ſie die nämliche Bewegung machten. Die Farben daher, welche auf die Karte fielen, waren Bilder der Sonne; ſie hatten ſehr deutlich begränzte parallele Seiten, nur die Enden waren undeutlich und halbkreisförmig, wie diejenigen des prismatiſchen Spektrum. Gleich dieſem waren ſie auch länglich, und bei einigen übertraf die Länge die Breite ſechs, und ſelbſt achtmal; die Breite war, wie ich durch Meſſung fand, genau gleich derjenigen des auf der Karte aufgenommenen Sonnenbildes, ſo weit von der Nadel als das Bild war, und die Länge war jederzeit zur Breite unter allen Entfernungen in dem nämlichen Verhältniſſe, nicht aber unter allen Lagen der Nadel; denn wenn ſie um ihre Axe bewegt wurde, ſo bewegten ſich die Bilder gegen den Schatten auf einer Seite, und davon abwärts auf der andern, wo ſie länger und länger wurden (indeß die Breite einerlei blieb) je näher ſie zum Schatten auf der einen Seite kamen, und in dem nämlichen Verhältniſſe kürzer, je weiter ſie auf der andern Seite davon abwichen.

3. Beob. Nachdem ich ein Bild ausgeleſen, welches ſehr helle und gehörig begränzt war, ſo ließ

ich es durch eine Oefnung mit beweglichen Seiten in dem obern Theile einer Art von Pult, welches ſich gegen eine Oefnung durch Gewerbe bewegte, und zu deſſen untern Seite eine Karte hatte, worauf das Bild fiel, auch ſchloß ich die Oefnung ſo dichte, um jedes andre abzuhalten, daß es keinen Durchgang finden konnte; ſo hatte ich denn alle Gelegenheit, es zu unterſuchen, und in jeder Abſicht zu prüfen, wo ich denn auch darin die ſieben priſmatiſchen Farben zählte; das Roth war am entfernteſten von dem Schatten der Nadel und von der Nadel ſelbſt; ſodann Orange, ferner Gelb, Grün, Blau und Indig, und das Violet am nächſten von allen; es war überhaupt einem priſmatiſchen Spektrum ähnlich, nur an Breite und Länge ſehr vermindert, und horizontal an der Wand dem Priſma gegenüber gewendet, mit dem Roth am weiteſten abwärts. In Fig. 5. iſt se die Nadel, welche die Strahlen CP und CO reflektirt, die durch PO, die Oefnung in dem Pulte ED zu der Karte oder zu dem Boden des Pults RTSD gehen, und daſelbſt das Spektrum IK bilden, welches in ſeine Farben getheilt iſt, wo I Violet, und K Roth iſt. Bei Bewegung der Oefnung in dem Pulte, und indem ich andre Bilder durchgehen ließ, wurden die Strahlen nicht ſämmtlich auf einerlei Art geordnet, ſondern ich bewegte die Nadel an ihrer Axe, und bemerkte diejenigen, wo die Ordnung der Bewegung nicht nur in Rückſicht der Nadel, ſondern auch der angränzenden Bilder umgekehrt war, wo ich denn mich verwunderte zu ſehen, daß ſie die Ordnung der erſt erwähnten Farben annahmen, nämlich Roth zu äußerſt und Violet zu innerſt. Auf gleiche Art hatten die Bilder, welche vor der Bewegung regelmäßig waren, bei Bewegung an die Stellen, die von den andern verlaſſen wurden, jederzeit die

Ordnung ihrer Farben umgekehrt, ſo daß dieſes von einigen Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche der Nadel herkommen mußte; denn diejenigen, welche vermittelſt einer kleinen gläſernen mit Queckſilber gefüllten Röhre, die von allen Riſſen durch ein Blaſerohr frei gemacht worden, geſchahen, behielten während der Bewegung die gehörige Ordnung der Farben. Eine andre Unregelmäßigkeit in der Ordnung bemerkte man auch ſelbſt in der gläſernen Röhre: denn zwei angränzende Bilder, wenn ſie ſich mit einander zwei bis dreimal nacheinander vermiſchten, erſchienen jedes zu äußerſt von einer ſchmuzigen Farbe zwiſchen Roth und Violet, und zu innerſt ein Grün; allein hier, wenn dies nicht durch alle Bilder erfolgte, war das äußerſte Bild roth, und das innerſte hatte allgemein Violet auf der innern Seite.

4. Beob. Ich legte an die Oefnung in dem Fenſterladen ein Prisma, um die Strahlen zu refraktiren, und nahm das Spektrum unter einer Entfernung von ſechs Fuß von dem Fenſter auf einer Karte; ſodann ſetzte ich in einer Entfernung von zwei Fuß einen Schirm mit einer Oefnung in der Mitte deſſelben, wodurch ich nach und nach die verſchiedenen Strahlen gehen ließ. Unter einer Entfernung von einem Zoll von der Oefnung zwiſchen derſelben und der Karte ſetzte ich den reflektirenden zilindriſchen Körper; die Bilder fand ich jetzt auf der Karte und an den Wänden des Zimmers gegen die Seiten der Oefnung an dem Schirme herum, und waren jederzeit ganz von der Farbe, in welcher ſie entſtanden, ausgenommen an den Gränzen von Grün, wo eine geringe Menge weißes Licht hinfiel, und ſie von allen ſieben Farben machte; indeſſen ward dies ganz verhindert, wenn

man ſich eines Prisma von einem größern refraktirenden Winkel bediente, und die Nadel und den Schirm weiter davon ſetzte. Ich nahm ſodann den Schirm weg, und ließ den Reflektor an ſeinem Orte, ſo daß er durch die Strahlen reichen konnte; ſolchergeſtalt entſtanden hier Bilder, welche von oben bis unten die ſieben Farben, eine nach der andern, hatten, wo die unterſte Abtheilung roth, die höchſte violet war. Sie waren beträchtlich gegen ihre Spitzen geneigt, und ungleich breiter am Boden oder an den rothen Theilen, als an den Spitzen oder violetten Theilen. Als nun endlich der Reflektor ſolchergeſtalt bewegt wurde, daß die Bilder geſtört werden konnten, (wie in dem vorigen Verſuche in dem weißen Lichte geſchahe) wurde das Roth am meiſten, das Violet hingegen am wenigſten erweitert. Im Falle nun, daß dieſe Wirkungen von irgend einigen Beſonderheiten in der Geſtalt oder in der Lage des Reflektors herkommen möchten, ſetzte ich drei Fuß von dem Priſma eine Linſe von vier Zoll breit, um die Strahlen in einem Fokus zu ſammeln, wohinter ich ſechs Fuß ab eine Karte hielt, und hier das Spektrum umgekehrt aufnahm, indem das Roth oberhalb, das Violet aber unterhalb war; als ich nun den Reflektor zwei Fuß von dem Fokus hielt, und vier Fuß von der Karte, entſtanden die Bilder genau wie vorher, blos umgekehrt geneigt gegen Violet, von größerer Breite gegen Roth, und mehr ausgedehnt gegen die nämliche Gegend, wenn der Reflektor bewegt wurde.

5. Beob. Alles blieb wie in dem letztern Theile des letztern Verſuchs, und in den Fokus der Linſe ſetzte ich ein zweites Priſma, welches die Strahlen in

einen weißen Strahl refraktirte *), den ich auf einem Schirm mit einer Oefnung in der Mitte aufnahm, wodurch ein kleiner Theil deſſelben ging, und indem er auf den Reflektor fiel, welcher hinterwärts geſetzt war, hierdurch nach Art des erſten Verſuchs in Bilder gebracht wurde, deren jedes in regelmäßiger Ordnung die ſieben prismatiſchen Farben hatte. Eines der helleſten und deutlichſten ließ ich durch eine Oefnung in einem zweiten Schirme gehen, und auf die Karte fallen. Ich ließ ſodann einen Beigehülfen die rothen Strahlen zwiſchen dem erſten Prisma und der Linſe unterbrechen, wo denn unmittelbar der rothe Theil des Bildes verſchwand; ward der violette Strahl unterbrochen, ſo verſchwand das Violet des Bildes, und ward der grüne unterbrochen, ſo mangelte das Grün in dem Bilde. Ueberhaupt mangelten diejenigen Farben, welche unterbrochen wurden, ſodann in dem Bilde. In Fig. 6. werden die Strahlen, welche durch die Oefnung C des Fenſters AB gehen, durch das Prisma PMN refraktirt, und in DV, DG und DR Violet, Grün und Roth getrennt; dieſe, wenn ſie in einem Fokus F durch die Linſe L geſammelt, werden wieder durch das Prisma P'M'N' refraktirt, und in einen weißen Strahl abmn gebildet werden, wovon ein Theil durch den Schirm SS' unterbrochen wird, ein Theil aber durch die Oefnung h als hH bis H auf der Karte XYZW geht, und ein Theil durch der Körper op in einer Reihe von Bildern reflektirt wird, welche auf einem Schirme TU aufgenommen werden, wovon ein Theil rgv nach WXYZ gelaſſen wird; allein wenn ein Hinderniß E, DR verhindert, ſo verſchwindet r das Roth: und wird DG

*) Optics B. II. prop. 2.

gehindert, ſo verſchwindet g das Grün, oder wird DV aufgehalten, ſo mangelt v. Wird endlich DR und DG aufgehalten, ſo verſchwinden g und r.

6. Beob. Nachdem ich eine Reihe von hellen Bildern erzeugt hatte, ſo ließ ich eines durch das Pult gehen, wie ich im dritten Verſuche beſchrieben habe, und nahm es auf einer kleinen Linſe ½ Zoll breit auf, um ſie in einen Fokus zu ſammeln, den ich auf der Karte aufnahm, nachdem ich es etwas an dem Gewerbe bewegte; bei allen Beobachtungen, die ich anſtellen konnte, und bei allen Prüfungen, denen ich ſie unterwarf, neigte ſich das Weiß in Gelb, und war von der nämlichen Natur und Beſchaffenheit wie das direkte Sonnenlicht; allein wenn irgend ein Strahl aufgehalten wurde, ehe er noch zur Linſe kam, ſo war der Fokus eine Miſchung von den übrig bleibenden Strahlen; und wurde die Karte etwas weiter ab herum gewendet, ſo war das Bild, welches darauf geworfen wurde, in ſeinen Farben in umgekehrter Ordnung. An den Fokus hielt ich einen Reflektor, wo Bilder von allen ſieben Farben entſtanden, wie in dem direkten Lichte der Sonne: 1. Verſuch; war das Licht hinreichend ſtark, und das Bild nahe an der Oefnung des Fenſterladen, ſo konnte eines davon durch eine zweite Linſe in einen weißen Fokus geſammelt werden. Dieſer Verſuch wird gleichförmiger gemacht, wenn man anſtatt der Linſe einen konkaven Metallſpiegel anwendet, und in den Fokus einen andern Spiegel ſtellt, um die Strahlen in einen Strahl zu bringen, welcher von irgend einer willkührlichen Zuſammenſetzung gemacht werden kann, wenn man eine oder mehrere Farben an der Oefnung in dem Pulte aufhebt. Ich bemerkte in dem Verfolge dieſer Verſuche eine Erſcheinung, die der

nähern Erwähnung werth iſt; wenn ein Kamm, (wie bei Newtons Verſuche *) ſehr geſchwind vor eines der Bilder bewegt wird, oder vor mehrere, ſo entſteht die Empfindung von Weiß: noch deutlicher aber geſchieht dieſes, wenn die Nadel geſchwind um ihre Axe bewegt wird, denn alsdann bewegen ſich die Bilder auch, und indem ſie in einander laufen, verurſachen ſie eine Empfindung von einem vollkommnen Weiß.

7. Beob. Ich ließ ein Bild durch die Oefnung in dem Pulte, und beſahe es durch ein gläſernes Priſma, indem ich ſeine Axe parallel mit den Seiten des Bildes hielt, und ſeinen refraktirenden Winkel aufwärts; ſo fand ich denn, daß, wenn das Bild helle und frei vom weißen Lichte war, die Farben durch die Refraktion nicht verändert wurden; allein wenn es gemiſcht und mit Weiß verdünnt war, ſo machte das Priſma, welches das Weiß zerſetzte, daß das Bild auf der einen Seite violet, und auf der andern roth erſchien; indeſſen verwirrte dies allein die Farben des Bildes, ohne ſie jedoch zu verändern. Wenn ferner das Priſma an ſeiner Axe bewegt wurde, ſo wurde der violette Strahl höher gehoben, als der rothe, oder als irgend eine von den übrigen Farben. Auch wurde die Beſchaffenheit der Farben überhaupt durch Reflexion von einer Nadel oder einem Spiegel nicht verändert, inſofern ausgenommen, als ſie durch einen konkaven gemiſcht wurden, wie ich bei dem letztern Verſuche erwähnet habe. Wenn eine Nadel unter die Oefnung gehalten wurde, um die Farben zu reflektiren, ſo machte ſie andre Bilder von der Farbe, in welche ſie gehal-

*) Optics B. I. prop. 5.

ten wurde, und in ſo weit als ich urtheilen konnte, wurde das Roth zu der größten Entfernung und Breite und Inklination geworfen. Auch wurden die Farben des Bildes durch Reflexion von natürlichen Körpern nicht verändert, denn dieſe waren alle von denjenigen Farben, in denen ſie gehalten wurden, allein am helleſten in denjenigen, wodurch ſie am häufigſten reflektirt werden konnten. Eben ſo waren auch die Ringe der Farben, welche durch ſchwache Platten erhalten wurden, im Roth am breiteſten, im Violet hingegen am engſten; eben dies erfolgte an den Franzen, welche die Schatten der Körper umgeben. Endlich waren die Schatten der Körper ſelbſt im Violet am breiteſten, am engſten hingegen im Roth.

8. Beob. Ich füllete eine gläſerne Röhre mit Waſſer, deren Durchmeſſer der vierte Theil eines Zolls war, und folglich der Radius der Krümmung der achte Theil, und ihre Seiten waren $\frac{1}{30}$ eines Zolls ſtark; als ich nun gegen vier Fuß von einem Lichte ſtand, und die Röhre $\frac{1}{4}$ eines Zolls weit von meinem Auge hielt, ſo daß der Schein des Lichts dadurch refraktirt werden konnte, und meine Augenlieder hinreichend dichte ſchloß, um fremdes irrendes Licht abzuhalten, was mit demjenigen Zutritt finden konnte, welches regelmäßig refraktirt wurde; ſo ſahe ich verſchiedene Bilder des Lichts hoch gefärbt, deren Farben in der Ordnung von dem Lichte auswärts waren, Roth, Orange und ſo fort bis zu Violet; ich füllte ſodann die Röhre mit reiner verdünnter Schwefelſäure, und warf ein kleines Stück Kreide auf den Boden, wo denn unmittelbar ein Aufbrauſen Statt fand, indem ſich die fixe Luft entwickelte, die in Blaſen durch die Röhre aufſtieg; als ich nun nach dem Lichte durch eine der-

ſelben ſah, ſo wurde ich die Bilder gewahr mit den Farben noch in der nämlichen Ordnung, nur etwas breiter als vorher.

Wir ſehen jetzt, zu welchen Folgerungen dieſe Verſuche uns führen. — Der erſte Verſuch zeigt, daß jede Art von Licht, es ſey direkt oder reflektirt oder refraktirt, Farben durch Reflexion von einer krummen Oberfläche erzeugt. Nach dem zweiten lernen wir, daß dieſe Farben deutliche Bilder oder Spektra des leuchtenden Körpers, in der Länge ſehr erweitert, allein keinesweges in der Breite ſind; und daß, wenn der Winkel des Einfalls verändert wird, die Ausbreitung der Bilder gleichfalls ſich verändert: ſo wie man aus dem dritten Verſuche ſieht, daß jedes vollſtändige Bild aus ſieben Farben beſtehe, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indig und Violet; und daß die gehörige Ordnung iſt Roth zu äußerſt und Violet zu innerſt, die übrigen in ihrer Ordnung. Der vierte Verſuch zeigte, daß dieſe Bilder nicht nur durch irgend eine zufällige oder neue Modifikation erzeugt werden, die auf die Strahlen wirke, ſondern indem das weiße Licht durch Reflexion zerſetzt wird; daß die mittlern Strahlen, oder diejenigen an der Gränze von Grün und Blau, unter einem Winkel reflektirt werden, welcher demjenigen des Einfalls gleich iſt, das Roth unter einem geringern, das Violet aber unter einem größern Winkel. Der fünfte und ſechſte Verſuch beweiſt ohnſtreitig die Zerſetzung und Trennung der Strahlen durch die Reflexion; denn in beiden ſehen wir, daß die Farben in den Bildern diejenigen ſind, und nur dieſe, welche in dem Strahle durch Reflexion oder Refraktion vor und in dem Einfalle gemiſcht wurden, indeß der ſechſte (als Zuſatz) zu einem Beweiſe dient, daß alle Strahlen

irgend eines Bildes, wenn ſie mit einander gemiſcht werden, einen Strahl zuſammenſetzen, der dem Strahle genau ähnlich iſt, der zuerſt zerſetzt wurde. Der 7te Verſuch zeigt, daß die Farben, in welche die Strahlen durch Reflexion getrennt werden, homogen und unveränderlich ſind, daß ſie an Flexibilität und Refrangibilität verſchieden ſind; daß ſie den nämlichen Antheil haben, Bilder durch Reflexion zu machen, und Franzen durch Flexion, desgleichen Farben von ſchwachen Platten, als die Strahlen, die durch das Priſma getrennt wurden. Aus dem 8ten Verſuche ſehen wir ferner, daß wenn die Strahlen in einerlei Lage in Rückſicht der Refraktion geſetzt werden, es ſey aus einem dünnern in ein dichteres, oder aus einem dichtern in ein dünneres Medium, in welchem ſie vorher in Rückſicht der Reflexion waren, die Lage der Farben genau in den zwei Fällen gerade gegenüber erzeugt wird. Sieht man nun, daß bei allen Arten von Licht, direkt, refraktirt, reflektirt, einfach und homogen, oder heterogen und zuſammengeſetzt, und auf welche Art die Trennung oder Miſchung auch geſchehen ſeyn dürfte, einige Strahlen unter gleichen oder den nähmlichen Einfällen beſtändig näher gegen die ſenkrechte Linie reflektiret werden, als die mittlern Strahlen, und andre nicht ſo nahe; ſieht man ferner, daß vermöge einer ſolchen Reflexion der zuſammengeſetzte Strahl, von welcher Art er auch ſey, in ſo einfache Theile getrennt werde, daß ſie niemals mehr verändert werden können; und überlegt man die verſchiedenen Stellen, gegen welche dieſe Theile reflektirt werden; ſo ſieht man leicht ein, daß das Sonnenlicht aus Theilen beſtehe, die an Reflexibilität verſchieden ſind, und daß diejenigen, welche am wenigſten refrangibel ſind, am meiſten reflexibel ſind. Durch Reflexibilität verſtehe ich

hier eine Neigung unter irgend einem Grade nahe an der Perpendikulare reflektirt zu werden.

Ob ich nun zwar alles angegeben habe, was ich als Beweis dieſer Eigenſchaft des Lichts für hinreichend halte, ſo beſorge ich doch, daß noch mehr erforderlich ſeyn dürfte. Man wird vielleicht fragen, warum trennt weder ein ebener, ein gewöhnlicher konvexer, noch ein gewöhnlicher konkaver Spiegel die Strahlen durch Reflexion? Dies iſt es denn, was uns jederzeit gehindert hat, ſelbſt ſo etwas als die verſchiedene Reflexibilität iſt, zu vermuthen. Ich werde indeſſen Gelegenheit nehmen, dieſes Hinderniß in dem zweiten Theile des Plans wegzuräumen, wo ich die Urſache der Farben, welche von dem reflektirenden Körper gemacht werden, und die Art ihrer Bildung erkläre. Gegenwärtig will ich denjenigen blos anrathen, welche Willens ſeyn dürften, die obigen Verſuche zu wiederhohlen, daß die Oefnung in dem Fenſterladen klein, das Zimmer vollkommen finſter, die Nadel gehörig polirt, und das Pult, die Karte u. ſ. f. unter einer Entfernung von der Nadel geſetzt werde, die nicht größer ſey als drei Fuß, weil außerdem die Bilder verdünnt und düſter werden würden; allein auch nicht geringer als 6 Zoll, weil ſie ſonſt zu kurz, und die Farben nicht weit genug von einander getrennt werden würden.

Mein nächſter Gegenſtand der Unterſuchung waren die verſchiedenen Grade der Reflexibilität, die jedem Strahle zugehört. Man ſieht nicht nur aus mathematiſchen Bemerkungen, die hinreichend deutlich ſind, ſondern auch aus den Verſuchen, die ich angeführt habe, daß obſchon die verſchiedenen Strahlen

unter den nämlichen oder gleichen Einfällen verſchiedene Winkel der Reflexion haben, doch jeder Grad an ſich ſelbſt im Grade der Reflexibilität beſtändig iſt, und daß ſein Sinus der Reflexion immer einerlei Verhältniß zu ſeinem Sinus des Einfalls hat.

9. Beob. Im Sommer zu Mittage, als das Sonnenlicht außerordentlich ſtark, und keine Wolke am Himmel zu ſehen war, erhielt ich eine ungewöhnlich ſchöne Reihe von Bildern, als ich einen Zoll von der kleinen Oefnung $\frac{1}{50}$ eines Zolls im Durchmeſſer eine Nadel $\frac{1}{25}$ eines Zolls im Durchmeſſer befeſtigte. Eine der hellſten davon ließ ich durch das Pult bis zur Karte herab bis zu $2\frac{1}{2}$ Fuß von der Nadel gehen, und das Bild war 3 Zoll von dem Schatten in einer geraten Linie. Ich verzeichnete es ſorgfältig, indem ich zwei parallele Linien für die Seiten zog, und die halbkreisförmigen Enden bemerkte. Sodann bemerkte ich mit der Spitze einer kleinen Nadel die Gränzen der nahe liegenden Farben einer der parallelen Seiten, und zog nachher über das Bild quer über parallele Linien; dieſe Behandlung wiederhohlte ich mit einerlei und mit verſchiedenen Bildern unter verſchiedenen Entfernungen von der Nadel und an verſchiedenen Tagen mit verſchiedenen Arten von Nadeln und Größen der Oefnungen u. ſ. f. ſo wie denn alle dieſe Wiederhohlungen gemacht wurden, ehe ich einmal das Reſultat irgend einer Meſſung unterſuchte, um ganz ohne Vorurtheil zu ſeyn, wenn ich die Sache wieder verſuchte. Ich verglich ſodann die Entwürfe der eingetheilten Bilder, die ich auf dieſe Art erhalten, und fand hinreichenden Grund zu ſchließen, daß die Differenzen zwiſchen den Sinuſſen der Reflexion in den verſchiedenen Strahlen in der harmoniſchen Ordnung wären. Denn die Ein-

theilungen waren beinahe wie $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{18}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{15}$, $\frac{3}{80}$, $\frac{1}{16}$, die wenn ſie mit der Skale zuſammengeſezt werden, geben, 1, $\frac{15}{16}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{11}{18}$, $\frac{1}{2}$, welche genau die Veränderungen der Töne in einer Oktave ſind, die man erhält, wenn man die Summen der Oktave und einer Sekunde major, einer Tertie major, einer Quarte, einer Quinte, einer Sexte major, einer Septime major und einer Oktave anſtatt der Differenz zwiſchen einer doppelten Oktave und einer Sekunde major, einer Tertie major u. ſ. f. nimmt. Auf dieſe Art wird denn das Spektrum durch Reflexion genau getheilt, wie das Spektrum durch Refraktion, blos daß das erſte umgekehrt iſt, und die verſchiedenen Strahlen Reflexibilitäten haben, welche umgekehrt ſind wie ihre Refrangibilitäten.

Nachdem ich, (wie ich mir ſchmeichle) dieſen ſonderbaren und wichtigen Punkt berichtiget hatte, ſo fuhr ich nunmehr fort, zunächſt die abſolute Reflexibilität der äußerſten Strahlen zu unterſuchen; denn wenn dieſe bekannt iſt, ſo kann, wenn der Winkel des Einfalls gegeben iſt, der Winkel der Reflexion aller der verſchiedenen Strahlen gefunden werden. Zur Erhaltung einer Auflöſung dieſes Problems machte ich folgenden Verſuch.

10. Beob. Als die Sonne ſtark durch die kleine Oefnung in dem Fenſterladen ſchien, und die Strahlen in einem Konus divergirten, deſſen Grundfläche auf eine horizontale Karte $2\frac{1}{2}$ Fuß von der Oefnung fiel, ſo ſetzte ich zwiſchen der Oefnung und der Karte einen Schirm, welcher eine Platte mit einer kleinen Oefnung in derſelben hatte; die Strahlen, welche dadurch gingen, fielen auf eine kleine Nadel, die ſo geſtellt war,

daß die Bilder, welche entſtanden, unter rechten Winkeln mit dem Schatten ſeyn möchten; eines derſelben maß ich nebſt deſſen Abſtande von dem Schatten, den Abſtand des Schattens von der Oefnung, die Breite des Schattens, und den Durchmeſſer der Nadel: dieſe Maaße waren folgende. In Fig. 7. iſt C der Mittelpunkt, und Ben der Umkreis der Nadel, GM die Karte, und GD eine Linie darauf, als die Axe aller Bilder unter rechten Winkeln mit CD, der Abſtand C von D dem Mittelpunkt des Schattens und auch zum Schatten ſelbſt; GE iſt die parallele Seite des Bildes, G iſt Roth, E Violet, und F die Gränze von Grün und Blau; Ce iſt ein Radius parallel mit ED, und CA ein anderer, welcher durch B gezogen wird, der Punkt, wo OB einfällt unter dem Winkel OBA, dem (nach dem als vorher gezeigt worden) ABF gleich iſt. Vermöge der Meſſung iſt GE $\frac{1}{4}$ eines Zolls, CB $\frac{1}{80}$, CD $4\frac{1}{2}$; nun geben der Schatten, wenn er vermöge eines Halbſchattens geſchwächt wird, dieſer zur Hälfte des Schattens addirt, und ihre Summe zu der Diſtanz zwiſchen dem Halbſchatten und Violet, ED $4\frac{17}{400}$ eines Zolls. Hieraus iſt es denn leicht zu berechnen, daß wenn der Winkel des Einfalls 77° 20′ iſt, der Winkel der Reflexion von Roth ABG 75° 50′ iſt, und derjenige von Violet 78° 51′. Nun ſind die natürlichen Sinuſſe von 77° 20′, 75° 50′ und 78° 51′ wie 9756, 9695 und 9811, oder wie 250, 248 und 251, welche beinahe ſind wie $77\frac{1}{2}$, 77 und 78; macht man nun eine Einrechnung in Rückſicht der Auslaſſungen, die in den Reduktionen geſchehen, als Fehler in den Operationen und Meſſungen, ſo können ſie eben ſo genau in dem obigen Verhältniſſe angeſehen werden. Nun ſind dieſe Extremen 77 und 78 die wahren Verhältniſſe der Refrangibilität

von Roth zum Violet *). So daß die Reflexibilität von Roth zu derjenigen von Violet iſt, wie die Refrangibilitäten umgekehrt. Allein man ſieht, daß der Sinus des Einfalls nicht der nämliche in beiden Fällen iſt; denn in dem einen Falle iſt er gleich demjenigen der mittlern Reflexion der Strahlen, indeß in dem andern Falle keiner der Strahlen unter einem Winkel refraktirt wird, der demjenigen des Einfalls gleich iſt, außerdem werden ſie gar nicht refraktirt werden.

Dies indeſſen als eine Folge von dem weſentlichen Unterſchiede in den Umſtänden, ſchwächt die ſchöne Analogie keineswegs, die, wie wir geſehen haben, in den zwei Operationen erhalten wird, und welche ein Beweis, daß ſie verſchiedene Aeußerungen von einerlei Kraft ſind. Nun können wir aus dem, was wir erhalten haben, die Sinuſſe aller Strahlen in dem Spektrum finden, wenn wir zu 77 die Längen der Räume addiren, in welche es getheilt wird, und welche ohne irgend merklichen Fehler wie die Differenzen dieſer Sinuſſe ſind. Die Sinuſſe von Roth werden ſeyn von 77 bis $77\frac{1}{8}$, von Orange von $77\frac{1}{8}$ bis $77\frac{1}{5}$ von Gelb von $77\frac{1}{5}$ bis $77\frac{1}{3}$, von Grün von $77\frac{1}{3}$ bis $77\frac{1}{2}$, von Blau von $77\frac{1}{2}$ bis $77\frac{2}{3}$, von Indig von $77\frac{2}{3}$ bis $77\frac{7}{9}$, von Violet von $77\frac{7}{9}$ bis 78. So daß wenn der Sinus des Einfalls gegeben iſt, derjenige der Reflexion aller der verſchiedenen Strahlen gefunden werden kann; iſt nun der Winkel des Einfalls 50° 48′, ſo ſind die Winkel der Reflexion folgende: von dem äußerſten Roth 50° 21′, von Orange 50° 27′, von Gelb 50° 32′, von Grün 50° 39′, von Blau 50° 48′, von Indig 50° 57′,

*) Optics. B. I. P. I. prop. 7.

von Violet 51° 3′ und vom äußerſten Violet 51° 15′.

Ich will dieſen Theil unſers Gegenſtands noch mit einigen Bemerkungen über die phyſikaliſche Urſache der Reflexibilität ſchließen. Da Licht vermöge einer Kraft reflektirt wird, die ſich bis zu einem gewiſſen Abſtande von der reflektirenden Oberfläche erſtreckt, ſo entſteht die verſchiedene Reflexibilität ihrer Theile von einer weſentlichen Neigung derſelben, worauf die Kraft verſchiedentlich wirkt. Und da dieſe Theile von verſchiedenen Größen ſind, ſo erfolgt auf diejenigen, welche am größten ſind, die Wirkung auch am ſtärkſten. Ich ſtehe keinesweges an, noch einen Schritt weiter zu gehen.

In Fig. 8. ſei EC die refraktirende Oberfläche, DH die ſenkrechte Linie, und AB ein bei B einfallender Strahl, bis F fortgeführt, und in GB reflektirt; man ziehe GH parallel mit FB, und GF mit HB, ſo iſt HB : (HG :) BF = Sin. HGB : Sin. HBG oder = Sin. GBF : Sin. HBG. Allein HBF iſt das Supplement von GBA, der Summe der Winkel der Reflexion und des Einfalls; daher HB : BF = der Sinus der Summe der Winkel der Reflexion und des Einfalls zum Sinus des Winkels der Reflexion; ſo daß, wenn I der Winkel des Einfalls iſt, R derjenige der Reflexion, V die Geſchwindigkeit des Lichts, und F die reflektirende Kraft, ſo iſt $F = \frac{V \times \text{Sin.}(R+I)}{\text{Sin. } R}$. Wenn man nun dieſe Formel auf die verſchiedenen Fälle anwendet, ſo erhalten wir F in allen Strahlen; und wird das Verhältniß von F in einer Reihe zu F in einer andern geſucht, ſo haben wir (wenn wir V ausſtreichen, welches bleibend iſt) $F : F' = \frac{\text{Sin.}(R+I)}{\text{Sin. } R} : \frac{\text{Sin.}(R'+I')}{\text{Sin. } R'}$. Angenommen,

wir wollten F und F′ in Roth und Violet beſonders wiſſen, ſo iſt, I = 50° 48′ — R = 50° 21′ und R′ = 51° 15′ alsdenn $F : F' = \frac{\text{Sin. } 101^\circ\ 9'}{\text{Sin. } 50^\circ\ 21'} : \frac{\text{Sin. } 102^\circ\ 3'}{\text{Sin. } 51^\circ\ 15'}$. Macht man nun die Diviſion in jedem durch Logarithmen, und ſucht man die natürlichen Sinuſſe, die den Quotienten entſprechen, ſo iſt F : F′ = 1275 : 1253. Allein die Kraft, die ſich auf Roth äußert, iſt zu derjenigen auf Violet, wie die Größe des Roth zur Größe des Violet (vermöge der Hypotheſe); — die rothen Partikelchen ſind daher zum Violetten wie 1275 zu 1253. Dies kann nun auf alle andre Farben ausgedehnt werden, wenn man dieſerwegen ähnliche Berechnungen anſtellt, indem ihre Größen zwiſchen 1275 und 1253 liegen, welche das äußerſte Roth und das äußerſte Violet ſind; ſolchergeſtalt wird das Roth ſeyn von 1275 bis 1272½, Orange von 1272½ bis 1270, Gelb von 1270 bes 1267, Grün von 1267 bis 1264, Blau von 1264 bis 1260, Indig von 1260 bis 1258 und Violet von 1258 bis 1253.

Alles dies folgt mathematiſch, wenn man annimmt, daß auf die Theile des Lichts die Wirkung nach Verhältniß ihrer Größen erfolgt; und in der That ſehe ich kein andres Verhältniß, nach welchem wir vernünftiger Weiſe annehmen, daß der Einfluß darauf erfolge; denn eine ſolche Wirkung ſtimmt nicht nur mit den allgemeinen Geſetzen der Attraktion und Repulſion überein, ſondern auch nach folgenden Argumenten. Wäre die Wirkung nicht in dem einfachen Verhältniſſe, ſo müßte ſie entweder in einem niedrigern, oder in einem höhern ſeyn; man laſſe ſie in einem geringern, wie dasjenige der Quadratwurzel ſeyn, ſo würde alsdenn die Größe von Roth zur Größe

von Violet ſeyn, wie die Quadrate der Kräfte, d. i. wie 1623625 zu 1572009: ein Unterſchied, der offenbar zu groß iſt, und a fortiori des Kubus oder einer andern Wurzel. Wäre hingegen die Wirkung in einem höhern Verhältniſſe, als dasjenige des Quadrats, ſo würden alsdenn die Partikelchen ſeyn wie die Quadratwurzeln der Kräfte, oder beinahe wie 35 · 70 zu 35 · 39, ein Unterſchied, der offenbar zu geringe iſt; denn wenn die Größe der rothen Partikelchen blos um $\frac{3}{10}$ größer wäre, als diejenigen von Violet, und die Geſchwindigkeit von beiden wäre gleich, ſo könnte alsdenn das Moment, und folglich die Intenſität von Roth nicht diejenige von Violet um ſo viel übertreffen, als wir wirklich finden, daß es der Fall iſt, und als es mir ſcheint, daß der Verſuch des Büffon (über zufällige Farben) es beweiſt, welcher nämlich fand, daß nachdem er nach einem weißen Gegenſtand ſahe, wenn er ſeine Augen ſchloß, erſt violet, ſodann blau, oder eine Miſchung von Blau und andern Farben, und endlich ganz roth ward; ſo war in dem Eindrucke des Weiß, eine Zuſammenſetzung von allen Eindrücken aller übrigen Strahlen mit einander gemiſcht, das Violet zuerſt verdunkelt oder geſchwächt, und das Roth am letzten oder ſtärkſten. Gegen dieſe Folgerung über die Intenſität der Partikelchen in Rückſicht zu ihrer Größe, ſehe ich blos zwei Einwendungen, welche gemacht werden können. Die eine iſt, daß die Intenſität vermehrt wird, wenn die Strahlen in einen Fokus zuſammen gezogen werden; allein wir müſſen uns erinnern, daß die Strahlen in dieſem Falle gemiſcht, und ihre Partikelchen ſo verbunden werden, daß ſie an Größe wachſen; denn die Menge der getrennten Strahlen, die in einen Ort geworfen werden, werden ihre Intenſität nicht merklich vermehren. Der

andre Einwurf iſt diejenige Stelle beim Newton, wo er ſagt, „daß Orange und Gelb die helleſten von allen Farben ſind, die auf die Sinne am ſtärkſten wirken *).“ Nun glaube ich aber, außerdem daß dieſes eine Behauptung iſt, die dem eben angeführten poſitiven Verſuche gerade entgegen iſt, daß hierauf folgendergeſtalt geantwortet werden kann; das ganze Licht, von welchem das Spektrum niemals frei iſt, welches in Gelb ſich neigt, und auch aus Roth beſteht, hat Ueberfluß an dem Gelb und Orange des Spektrum; ſo daß beide dieſe Farben ihren größern Glanz eher als Intenſität von dieſem Umſtande herleiten; oder wenn ſie irgend einen Grad des letztern mehr haben, als das Roth, ſo kommt es in der That von ihrer Miſchung mit den rothen und den übrigen Strahlen her, welche alle im Weiß ſich befinden.

Nachdem ich mich nun ſolchergeſtalt bemühet habe, die Eigenſchaft der Flexibilität aus einander zu ſetzen, ſo wie ſie bei Inflexion, Deflexion und Reflexion verändert wird, desgleichen die phyſikaliſche Urſache dieſer Eigenſchaft, ſo wie ich mich nicht weniger über die Möglichkeit dieſer Urſache verbreitet habe, von der ich mir ſchmeichle, daß ich nicht ganz zwecklos dabei verfahren ſeyn dürfte, ſo gehe ich nunmehr zu den natürlichen Erſcheinungen über, deren Erklärung von der Eigenſchaft abhängt, deren Exiſtenz und Beſchaffenheit wir eben jetzt näher unterſuchen wollen; um nun dieſen Theil unſers Gegenſtands mit Genauigkeit und Ordnung zu behandeln, wollen wir die Erſcheinungen ſolchergeſtalt eintheilen, als wir

*) Optics, B. I. P. I. prop. 7.

die Grundſätze angeführt haben, wo wir mit denjenigen Erſcheinungen anfangen wollen, welche ſich aus den Grundſätzen der Flexion erklären laſſen.

1. Man bemerkt, daß wenn ein Körper in das Sonnenlicht geſetzt wird, ſo daß er einen Schatten wirft, und ein andrer Körper wird ihm genähert entweder zwiſchen der Sonne und demſelben, oder dem Schatten und demſelben, oder auf der nämlichen Linie mit ihm, der Schatten des einen Körpers einen beträchtlichen Weg hervortritt, und auf denjenigen des andern trift. Nun iſt bekannt, daß wenn die Körper unter einer hinreichenden Entfernung von einander gehalten werden, ein Halbſchatten rund um den Schatten eines jeden gebildet wird, und ihn geringer macht, als es der Fall wäre, wenn keine Inflexion Statt fände; allein werden die Körper ſo dichte an einander gebracht, daß der Rand des einen innerhalb der Sphäre der Inflexion des andern iſt, ſo kann, wenn das Licht bereits durch dieſen letztern gebogen iſt, der erſtere keines zu biegen haben, und folglich keinen Halbſchatten in dem Theile des Schattens, der dieſem Theile des Körpers entſpricht, welcher innerhalb der Sphäre der Inflexion des andern iſt, und da der übrige Theil des Schattens einen Halbſchatten hat, ſo wird dieſer Theil, welcher keinen hat, größer ſeyn als er, und wachſen, ſo wie die Körper ſich nähern, bis er endlich den andern Schatten trift. Die nämliche Erſcheinung findet Statt, wenn die Schatten auf das Auge geworfen werden. Herr Melvill hat ſich bemüht zu zeigen, daß es einfach zu einem Falle des Sehens gehört *); indeſ-

*) Edinburgh litterary Eſſays. Vol. II.

ſen haben wir jetzt geſehen, daß es keinen Bezug auf den Bau oder auf die Lage des Auges hat, ſondern blos auf die gewöhnliche Beſchaffenheit aller Schatten.

2. Beob. Wenn wir alles Licht ausſchließen, was in ein Zimmer von äußern Gegenſtänden kommt, ausgenommen was durch eine geringe Oefnung von ½ oder ¼ eines Zolls im Durchmeſſer geht, ſo werden die Bilder der äußern Gegenſtände, als Wolken, Häuſer, Bäume auf der gegenüberſtehenden Wand vermöge der Lichtſtrahlen abgemahlt, die ſich in der Oefnung kreuzen; allein wird ein Stück rauhes Glas oder feines Papier ſo gehalten, daß es dieſelbe ganz bedeckt, ſo geht das Licht nicht durch; wird nun das Papier mit Oel getränkt, oder das Glas mit Waſſer angefeuchtet, ſo daß es einen geringen Grad von Durchſichtigkeit erhält, ſo ſind die erſten Strahlen, welche durchkommen, von den rothen und orangefarbnen Gegenſtänden, und die letzten von blauen und violetten. Nun iſt bekannt, daß die Durchſichtigkeit überhaupt, und dieſer Fall insbeſondere, durch dasjenige erklärt werden können, was vorher angegeben worden iſt. Newton fand, daß ein Körper das darauf einfallende Licht mehr oder weniger durchläßt, je nachdem die Kontinuität ihrer Partikelchen beſchaffen iſt, und daß eine ſtarke Reflexion an den Gränzen eines leeren Raums Statt findet *). Wie geſchieht dies? Die initial Geſchwindigkeit des Lichts iſt hinreichend, es durch die erſte Oberfläche oder Reihe von Partikelchen zu führen, allein ſie wird ſo ſtark vermindert, daß ſie durch

*) Optics. B. II. P. III. prop. 3.

die repulſive Kraft der hintern Seite dieſer Partikelkelchen refraktirt wird, wofern nicht andre hinterwärts unter einem gewiſſen Abſtande ſich befinden, nämlich unter demjenigen, unter welchem Inflexion oder Attraktion wirkt, d. i. ſcheinbarer Kontakt; dieſe Attraktion erneuert den Stoß des Lichts, und überſchiebt es einer andern Reihe u. ſ. f. Da nun dieſe Wirkung auf die breiteſten und rothen Partikelchen am ſtärkſten, am ſchwächſten aber auf die blauen und violetten iſt, wenn die Kontinuität vermindert wird, ſo wird erſteres, nicht aber letzteres durchgelaſſen, welches auch mit dem oben erwähnten Verſuche übereinſtimmt.

3. Die Lehre von der Flexibilität giebt eine leichte und hinreichende Erklärung der verſchiedenen Farben, welche durch die Flamme angenommen werden. Es ſey nun, daß wir annehmen, daß das Licht von dem brennenden Körper, oder dem oxygenen Gas komme, ſo haben die breiteſten oder rothen Partikelchen die ſtärkſte Attraktion für Körper, die violetten aber die ſchwächſte; wenn daher das Gas und der Körper ſich verbinden, ſo muß die Niederſchlagung des Lichts in der umgekehrten Ordnung der Affinität zwiſchen den Partikelchen des Lichts und denjenigen der Körper ſeyn. Wenn nun die Kombination langſam Statt findet, ſo werden die violetten und blauen Partikelchen zuerſt fortgelaſſen, und zuletzt die rothen; dies ſtimmt denn auch mit der Sache überein; denn irgend ein brennbarer Körper, wenn er angezündet wird, brennt zuerſt mit einer blauen oder violetten Flamme, und nachher hat ſeine Flamme zwei oder drei deutliche Farben, blau, weiß, roth u. ſ. f. wie man an einem Lichte deutlich ſehen kann. Ja ich habe

in der Flamme eines Blaſerohrs alle ſieben Hauptfarben auf einmal geſehen. In der That, wenn ein Körper in einem oxygenen Gas brennt, ſo iſt die Kombination ſo ſchnell, daß weißes Licht allein unzerſetzt niedergeſchlagen wird; allein in gewöhnlicher Luft, wo das azotiſche Gas die Verbrennung hindert, ſind die obigen Erſcheinungen deutlich.

4. Ein ſonderbares Phänomen hat oft die Phyſiker in Erſtaunen geſetzt, nämlich blaue Schatten. Ich habe dieſe zu allen Zeiten beobachtet, wenn das Papier, worauf ich ſie aufnahm, durch den Himmel oder irgend ein andres Licht erleuchtet wurde; die für Urſache davon halte ich folgende, daß der Schatten, der von einem Lichte gemacht wird, durch die blauen Strahlen von dem Himmel erleuchtet wird; denn ich habe nicht ſelten purpurfarbne, und ſelbſt röthliche bemerkt, wenn der Himmel oder die Wolken zufälliger Weiſe von dieſen Farben waren; dieſer Umſtand beſtätiget ſich auch durch einen Verſuch. Nachdem ich das gefärbte Spektrum, welches durch ein Priſma mit einem großen refraktirenden Winkel gemacht worden, auf ein Blatt rauhes weißes Papier aufgenommen hatte, und darüber ein anderes Blatt hielt, ſo verhinderte ich alle Strahlen, welche das erſte erleuchteten, ausgenommen das Blau und Violet und Roth; hielt ich nun einen Körper zwiſchen dem Blau und dem zweiten Papiere, ſo war ſein Schatten roth, und hielt ich einen Körper zwiſchen dem Roth und dem Papiere, ſo war ſein Schatten blau, und ſo bei andern Farben. Dies halte ich für den Beweis der Sache. Seitdem ich dies geſchrieben habe, finde ich die nämliche Erklärung dieſes Umſtands von Herrn Melvill, und einigen von den franzöſiſchen Akademikern, beſonders von den Her-

ren Buffon und Beguelin, desgleichen vom Graf Rumford; indeſſen glaubte ich ſie wegen des Verſuchs inne zu halten, den ich als Erläuterung dieſerwegen gehabt hatte.

5. Ich übergehe andre Phänomene von geringerer Erheblichkeit, und komme nunmehr zu einem, welches die Optiker mehr als jedes andre getheilt hat; ich meine die gefärbten Franzen, welche den Schatten der Körper umgeben. Ich unternahm hierüber verſchiedene Beobachtungen, welche mich denn in Stand ſetzen zu ſchließen, daß jede Franze ein Bild des leuchtenden Körpers ſey; denn wenn ich zwiſchen mein Auge und einem Lichte zwei Meſſerklingen halte, ſo ſchien, wenn ich die eine der andern näherte, der Rand des Lichts vervielfacht, und wurde bald gefärbt, indem ſie ganz von dem Lichte wegkam, und ſo wie die Meſſer ſich noch mehr näherten, deutlich ausgedehnte Bilder wurden, die ſehr ſtark mit den priſmatiſchen Farben tingirt waren; und genau vorher als die Meſſer an einander trafen, wurde das Licht, deſſen Ränder ganz längehin mit Roth und Gelb gefärbt waren, ſehr ausgedehnt, bis es endlich in der Mitte getheilt wurde, wo die eine Hälfte durch jedes Meſſer weggezogen zu werden ſchien, und es ſodann ganz verſchwand. Ich habe drei Arten dieſer Bilder beobachtet; zwei ohne und eins mit dem Schatten; die erſte hatte ihre Farben in der Ordnung von dem Schatten, Roth zu äußerſt, und Violet zu innerſt; die zweite und dritte hatte die Farben in der entgegengeſetzten Ordnung, allein die zweite war ſo ſehr blaß, daß ich ſie nicht bemerkte, wenn ich ſie nicht auf mein Auge fallen ließ. Alles dieſes wird durch die verſchiedene Flexibilität der Strahlen leicht erklärt. In Fig. 9.

ſey AD ein Körper, wodurch die Strahlen SDT und S'D'T' gehen, und es ſey SD innerhalb der Sphäre der Inflexion von AD, und S'D' innerhalb deſſen Sphäre der Deflexion, ſo wird SD in DG gebogen werden, allein wegen der verſchiedenen Inflexibilität ſeiner Theile wird das Roth in DR, und das Violet in DV gebogen, und die zwiſchenliegenden Strahlen werden zwiſchen R und V fallen, wo das Ganze ein Bild RGV macht, das in die ſieben prismatiſchen Farben getheilt wird; auf gleiche Art wird vermöge der verſchiedenen Deflexibilität der Theile, woraus S'D' beſteht, ein Bild ohne den Schatten, wie V'G'R' gebildet, welches dem VGR ähnlich iſt, wo R' das Roth, und V' das Violet iſt; welches alles ſowohl Theorie als Erfahrung iſt, ſo wie denn die nämliche Erklärung auch auf andre Fälle ausgedehnt werden kann. Nun werden in allen dieſen, wo die biegende Kraft ſich bis zu einer ſehr geringen Entfernung erſtreckt, und von verſchiedenen Graden der Stärke unter verſchiedenen Entfernungen von dem Körper iſt, auf verſchiedene Strahlenbüſchel, oder kleine Strahlen, welche durch verſchiedene Theile der Sphären gehen, Wirkungen von der Kraft in ihren verſchiedenen Zuſtänden der Stärke erfolgen, und jeder Strahl wird in ein Bild nach der vorher angegebenen Art verwandelt werden; von dieſen Bildern habe ich zuweilen viere, und ſelbſt, wenn ich ſehr große Sorgfalt anwendete, die blaſſen Züge eines fünften beobachtet. Bei Bildung derſelben wirkt die Kraft am ſtärkſten unter den geringſten Entfernungen, und biegt folglich die mittlern flexibeln Strahlen, welche nahe, weiter einwärts oder auswärts als diejenigen gehen, welche entfernter ſind, ſo daß die äußerſten Strahlen in dem erſtern Falle mehr von den mittlern getrennt

werden, als in dem letztern, ſo wie denn das nähere Bild jederzeit am größten und am ſtärkſten gefärbt ſeyn wird, welches auch mit der Sache ſelbſt übereinſtimmt. Dies erklärt vollſtändig den berühmten Verſuch des Sir Iſaac Newton mit den Meſſern, ſo wie denn die Erklärung durch die Verſuche beſtätiget wird, welche ich oben über die Flexibilität erzählte, wo die biegende Kraft am ſtärkſten auf diejenigen Bilder wirkten, welche vom rothen Lichte entſtanden, und am wenigſten ſtark auf ſolche, welche aus violettem und blauem Licht entſtanden. Eine Menge andrer Phänomene laſſen ſich durch die nämlichen Grundſätze erklären, da ſie gewiſſermaßen blos beſondere Fälle der gefärbten Franzen oder Bilder ſind; ich will hier noch einen der merkwürdigſten erwähnen.

6. Als ich einige Verſuche anſtellte, deren ich in dem Verfolge dieſer Abhandlung erwähnet habe, bemerkte ich, daß wenn die Sonne von reinen weißen Wolken umgeben, nicht aber davon bedeckt war, daß das weiße Bild auf der Karte (wo die Oefnung $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer hielt) mit zwei Regenbogen umgeben war, die ſehr breit und helle waren; in den Farben waren Roth an der Außenſeite, und Violet zunächſt dem Weiß des Bildes. Dieſe Bögen müſſen mit einem andern nicht verwechſelt werden, welcher zuweilen ganz von einem düſtern Roth und Gelb erſcheint, wenn die Sonne oder der Mond durch eine Wolke ſcheint, und der von der direkten Durchlaſſung der rothen Strahlen, und der Reflexion der übrigen herkommt; denn die Farben ſind nicht nur in der Art, an Helligkeit, und in der Menge bei dieſem Phänomen verſchieden, ſondern ſie entſtehen auch gleichfalls durch die Oefnung in dem Fenſter, wie ich ſahe, als

ich deſſen Geſtalt in eine längliche veränderte, wo die Farben jeẓt nicht in Kreiſen, ſondern in breiten Linien von der nämlichen Breite wie die Bögen entſtanden, und liefen längſt den Schatten der Seiten der Oefnung, und unter der nämlichen Lage der Farben wie vorher. Man ſieht hieraus, daß die Urſache davon in der Inflexion des Lichts liegt, welches von den Wolken durch die Seiten der Oefnung kommt, (denn wenn der Himmel keine Wolken hat, ſo erſcheinen auch keine Farben) welche das weiße Licht in die Theile trennt, woraus es beſteht.

7. Man bemerkt, daß wenn man nach einem leuchtenden Körper unter einem Abſtande ſieht, welcher mehr als 1 oder 2 Fuß beträgt, ſeine Flamme mit zwei Bögen von blaſſen Farben umgeben erſcheint, deren innerſter ſich in ein Weiß endiget, welches bis zur Flamme geht, und die Farben ſind zu äußerſt roth, und grün und blau zu innerſt: die Erſcheinung iſt am merkwürdigſten, wenn wir nach einer geringen Oefnung in dem Fenſter ſehen, indeß das Zimmer finſter iſt; wird das Auge zugehalten, und ſodann geöfnet, ſo werden die Farben lebhafter als vorher, wie Descartes bemerkt *), woraus ſowohl er als Newton ſchloß, daß die Erſcheinung ganz von den Runzeln herrühre, welche auf der Oberfläche des Auges durch den Druck entſtehen **). Allein dies konnte weder die Bögen mit der Regelmäßigkeit bilden, in welcher ſie jederzeit erſcheinen, noch konnten dieſe Far-

*) de Meteoribus.

**) Lection. Opticae. Sect. III. zu Ende.

ben in der von der verſchiedenen Refrangibilität der Strahlen bereits erwähnten Ordnung ſeyn; auch wird es jedermann einleuchtend ſeyn, welcher es verſucht, daß der Druck blos die Helligkeit und Breite der Bögen vermehrt, ſie aber keinesweges bildet. Die eigentliche Auflöſung der Schwierigkeit ſcheint dieſe zu ſeyn: die Strahlen, welche in die Pupille treten, werden auf ihrem Wege durch die Fibern inflektirt, welche ſich über die Hornhaut erſtrecken, und ſehr klein, aber undurchſichtig ſind; vermittelſt dieſer werden ſie in Franzen zerſetzt, und haben das Roth zu äußerſt, und das Violet zu innerſt, ſo wie denn die Franzen, welche von jeder Fiber entſtehen, und mit einander verbunden werden, den Bogen bilden. Wie vergrößert nun der Druck dieſelben und belebt ſie? Die Fibern werden von Natur über die Oberfläche eines ſphäriſchen Segments ausgebreitet; wenn nun dieſe Oberfläche in einen ebenen Kreis gedrückt wird, ſo werden ſie in einen ungleich geringern Raum verdichtet, und folglich näher an einander gebracht, die Strahlen werden daher mehr inflektirt und getrennt, als es vorher der Fall war. Iſt nun dieſe Erklärung richtig, ſo wird folgen, daß die ähnlichen Bögen durch ſchwache Haare, wie Fibern, die nahe an einander liegen, hervorgebracht werden können, welches ich auch mit der Sache ſelbſt vollkommen übereinſtimmend finde; die Bögen werden in dieſem Falle heller als in dem andern, ſo wie denn die kleinen Haare auf einem Hute oder in der Hand ſie heller machten als irgend etwas anders, als ich verſucht habe: ein Umſtand, welchen ich in beiden Fällen beobachtet habe, ſcheint deutlich die Identität der Urſachen zu zeigen; der weiße Raum, welcher von dem innern Bogen bis zur Flamme ſich erſtreckte, war flek-

fig und milchig, ſo daß ich es nicht zu beſchreiben vermögend bin, was aber jeder finden wird, wenn er den Verſuch anſtellt.

8. Das letzte dieſer Phänomene, deſſen ich hier erwähnen will, iſt das berühmte, welches von Sir Iſaac Newton iſt beobachtet worden, nämlich die Farbenringe, womit der Fokus eines konkaven Glasſpiegels umgeben wird. Newton machte verſchiedene ſehr ſinnreiche und genaue Verſuche um ihre Natur zu erforſchen *); und da er fand, daß ihre Breite in dem umgekehrten ſubduplikaten Verhältniſſe der Dicke des Spiegels war, ſo ſchloß er, daß ſie von der nämlichen Beſchaffenheit, und originell mit denjenigen ſchwacher Platten wären, wie ſie von ihm beſchrieben worden ſind **). Der Herzog de Chaulnes verfolgte dieſe Verſuche mit beſonders wichtigem Glücke: er fand nämlich, daß die Ringe heller waren, je näher ſie der ſenkrechten Linie der Strahlen einfielen; und daß, wenn anſtatt eines konkaven Glasſpiegels ein metallner gebraucht wurde, nebſt einem kleinen Stück von feinem Kammertuche, oder mit einem Netze von Silberdraht, was man vor ihm ausſtreckt, die Farben nicht mehr in Ringen, ſondern in Streifen lagen, die von der nämlichen Geſtalt waren, wie die Zwiſchenräume zwiſchen den Fäden; woraus er denn ſchließt, daß ſie von der Inflexion herkommen, und daß, ſo wie ſie durch die erſte Oberfläche gehen, ſie von der zweiten inflektirt und verdichtet wer-

*) Optics. B. II. P. 4.

**) Daſ. B. II. P. 1 und 2.

den *). Ich geſtehe indeſſen, daß ich mich damit noch nicht beruhige; daß ſie durch Inflexion erzeugt werden, ſetzen die Verſuche des Herzogs außer Zweifel; allein daß ſie gebildet werden ſollten, ſo wie ſie durch die erſte Oberfläche gehen, und von der zweiten reflektirt werden, ſtimmt mit dem Verhältniſſe, welches durch ihre Breite beobachtet wird, gar nicht überein, da dieſe in dem ſchwächſten Glaſe größer, und auch mit der Ordnung der Farben iſt. Außerdem werden auch alle die gefärbten Bilder, welche auf die Rückſeite des Spiegels fallen, (durch das, was wir vorher fanden, als wir von der Flexibilität ſprachen) in einen weißen Fokus reflektirt werden; ſo daß überhaupt alle Urſache vorhanden iſt, zu glauben, daß die Ringe vermöge der erſten Oberfläche von dem Lichte gebildet werden, welches nach der Reflexion von der zweiten Oberfläche zerſtreut wird, und auf die Karte fortgeht. Es wird alſo folgen, 1) daß ein flacher Spiegel ſie nicht mache, denn das regelmäßig reflektirte Licht, was nicht in einen Fokus geworfen wird, vermiſcht ſich mit dem zerſetzten zerſtreuten Lichte und verdünnt es. 2) Daß je näher der ſenkrechten Linie die Strahlen einfallen, deſto mehr Licht zu dem Fokus reflektirt werden wird, und folglich um ſo weniger die Ringe verdünnen und ſchwächen werde. 3) Daß je ſchwächer der Spiegel iſt, oder je näher die zwei Oberflächen ſind, um deſto breiter die Ringe ſeyn werden. 4) Daß die Ringe weiter von dem Fokus ab breiter werden. Und endlich, daß wenn homogenes Licht reflektirt wird, die Franzen oder Bilder

*) Mem. de l'Acad. 1755.

größer ſeyn werden, und weiter von einander in Roth als in irgend einer andern Hauptfarbe. Alles dieſes ſtimmt vollkommen mit den Verſuchen des Newton und Chaulnes überein. Nur eine Schwierigkeit giebt es, die durch dieſe Erklärung nicht gehoben werden kann: wie geſchieht es, daß die Farben (welche von dem Spiegel gemacht werden) jederzeit kreisförmig ſind? Wir antworten hierauf, daß dieſes von der Art, den konkaven Spiegel zu poliren, herrührt, welcher zwiſchen eine konvexe und konkave Scheibe gelegt, und ſodann (mit Schmirgel oder geſchmolzenem Pech) herum gedrehet wird, und zwar nach eben der Richtung, in welcher wir die Ringe finden. Sollte man fragen, warum die Stärke des Spiegels auf die Breite der Ringe genau in dem umgekehrten ſubduplikaten Verhältniſſe Einfluß hat? ſo antworten wir, daß bis zu einem gewiſſen Abſtande von dem Punkte des Einfalls (und die Strahlen werden niemals weit davon zerſtreut) dies bewieſen werden kann, und daß es eine Eigenſchaft der mathematiſchen Linien überhaupt iſt.

Nachdem ich nun gefunden, daß die Franzen vermöge Flexion Bilder des leuchtenden Körpers ſind, ſo glaubte ich in dieſer Hinſicht daß durch ein Verfahren die verſchiedenen Grade der Flexibilität der verſchiedenen Strahlen hergeleitet werden dürften, das demjenigen ähnlich ſey, als ich mich vorher bedienet hatte, um ihre Grade der Reflexibilität zu beſtimmen. Ich unternahm daher folgenden Verſuch.

12. Beobacht. Nachdem ich in mein verfinſtertes Zimmer einen ſtarken Strahl des Sonnenlichts

durch eine Oefnung von $\frac{1}{40}$ Theil eines Zolls im Durchmeſſer hatte gehen laſſen, ſo hielt ich ein Haar unter vier Fuß von der Oefnung, und nachdem ich den Schatten um zwei Fuß von dem Haare genommen hatte, zog ich eine Linie quer durch die Mitte der gefärbten Bilder, und bemerkte in jedem die Abtheilungen der Farben, ſo weit als ich es bemerken konnte; und nachdem ich die Beobachtung zu verſchiedenenmalen, und unter verſchiedenen Entfernungen wiederhohlte, ſo fand ich auf eben dieſem Wege, als ich ehedem bei meinem Verſuche über Reflexibilität gefunden hatte, daß die Axe oder Linie, die durch die Mitte eines jeden gezogen worden, umgekehrt nach den Intervallen der Chorden, welche die Töne in einer Oktave ut, re, mi, ſol, la, fa, si, ut, beſtimmen, getheilt wurde. Allein da die Maaße in dieſen Verſuchen ſehr klein waren, und die Behandlung dem zufolge einer mindern Genauigkeit unterworfen war, ſo hielt ich es für ſchicklich, die Sache durch eine andre Probe zu unterſuchen.

13. Beobacht. Die Sonne ſchien in das Zimmer wie vorher, als ich an die Oefnung ein hohles Priſma ſetzte, welches von feinen Glasplatten gemacht worden, das ich mit hellem Waſſer anfüllte; ſein refraktirender Winkel war 55°; das Spektrum wurde auf eine horizontale Karte, 8 Fuß von dem Fenſter geworfen, und gegen 4 Fuß von dem Priſma wurde in die Strahlen eine rauhe ſchwarze Nadel $\frac{1}{20}$ Theil eines Zolls im Durchmeſſer geſetzt. Der Schatten in dem Spektrum war durch hyperboliſche Seiten begränzt, wie vorher angegeben worden iſt; ich zog jetzt eine Linie für die Axe des Schattens, die

genau durch deſſen Mitte ging, und bemerkte auf einer Seite 6 oder 8 Punkte an dem Umriſſe des Schattens in jeder Reihe der Strahlen; dieſes wurde öfters unter verſchiedenen Entfernungen und in verſchiedenen Schatten wiederhohlt, indeß die Lage des Schattens einerlei blieb, und die Krümmungen, welche durch Vereinigung der Punkte entſtanden, waren alle parallel; dieſes zeigt, daß jeder Sinus der Inflexion beſonders genommen ein gegebenes Verhältniß zu dem Sinus des Einfalls hat. Ich theilte nachher die Axe nach den muſikaliſchen Intervallen, und fand ſolchemnach, wo jede Farbe des Spektrum begränzt war, in welcher Farbe jeder Theil des Schattens geweſen, und durch welche Strahlen er gebildet worden. Sodann verband ich die Theile, die ich bemerkt hatte, und erhielt eine Krümmung, welche ich entweder nahe oder genau für eine Hyperbel von der vierten Ordnung nahm. Ich maß nunmehr die Ordinaten (indem die Axe des Spektrum und des Schattens die Axe der Krümmung war) an den Gränzen einer jeden Farbe; zuerſt die Ordinate an dem Ende des geradlinichten Roth, ſodann diejenige an der Gränze des Roth und Orange, und ſo fort diejenige an dem äußerſten geradlinichten Violet; zu jeder dieſer Ordinaten addirte ich die größte, oder diejenige in Violet, welche Fig. 10. iſt VV', d. i. ich machte vV zu V', ſo daß vV' gleich iſt vV, und durch V' zog ich V'R' parallel mit der Axe VR, und machte gG zu G' und rR zu R'; ſodann legte ich von V', V'g gleich G'g, und V'r' gleich R'r, und die andern Ordinaten auf gleiche Art, wo ich denn zufolge des bereits beſchriebenen Verfahrens fand, daß VV' umgekehrt nach Art der muſikaliſchen Intervallen getheilt wurde. Man ſieht daher, daß die In-

flexibilitäten der Strahlen direkt ſind, wie ihre Deflexibilitäten und Reflexibilitäten, allein umgekehrt wie ihre Refrangibilitäten. Das nämliche kann bewieſen werden, wenn man die Bilder mißt und eintheilt, die auf der innern Seite der Schatten gemacht werden; dieſe habe ich gefunden, daß ſie unter gleichen Einfällen und Entfernungen gleich den Bildern an der Außenſeite ſowohl in Breite, in Entfernung von dem Rande des Schattens, als im Verhältniß ſind, als ihre Abtheilungen zu einander haben; welches daher nun auch das Verhältniß des Winkels der Inflexion zu demjenigen des Einfalls ſey, ſo iſt das nämliche Verhältniß des Winkels der Deflexion zu demjenigen des Einfalls, ſo daß der Winkel der Deflexion gleich iſt dem Winkel der Inflexion. Verlangt man noch fernere Beweiſe dieſes Satzes, ſo wird folgender Verſuch und Beobachtungen, welche ich wegen der Wichtigkeit der Sache nicht anſtehe, hier beizufügen, hinreichend ſeyn.

14. Beobacht. Wenn zwei Meſſerklingen an einander in einen Lichtſtrahl gelegt wurden, der in das verfinſterte Zimmer fiel, ſo daß die eine die Bilder machen, die andre aber ausdehnen konnte, ſo machte ich in der einen Klinge (vermittelſt einer Feile) einen kleinen Zahn, der auf der Karte einen elliptiſchen oder halbkreisförmigen Umriß warf; ich bemerkte ſodann, daß die Bilder beider Klingen hierdurch geſtört wurden, und die Ränder des halben Kreiſes herum wendeten, ſo wie ſie denn alle genau nach einerlei Art und in dem nämlichen Grade litten. So deflektirte jetzt das erſte Meſſer die Bilder, welche von dem zweiten entſtanden, genau in dem nämlichen Grade, als es diejenigen Bilder in-

flektirte, welche es ſelbſt machte, und ſo in Rückſicht des andern Meſſers, außerdem würde die Wirkung des Zahns auf die zwei Reihen Bilder verſchieden geweſen ſeyn. Wir können daher ſchließen, daß die Winkel oder Sinus der Inflexion und Deflexion einerlei Verhältniß zu dem Winkel oder Sinus des Einfalls haben, und daß ſie einander gleich ſind. Mein nächſter Gegenſtand war nunmehr, dieſes Verhältniß in einem dieſer Fälle, und folglich in beiden zu beſtimmen; ſo wie es mir denn ſehr lieb war, daß ich in Rückſicht der Auflöſung dieſes Problems in Newtons Meſſungen der Bilder und des Schattens Angaben fand, und da dieſes Phyſikers wohl bekannte Genauigkeit in ſolchen Dingen, außer dem beſonders Sinnreichen in ſeinen Verfahrungsarten, deren er ſich dabei bedienet, mir dabei mehr Zufriedenheit gewährten, als ich von irgend einem Verſuche hätte haben können, den ich ſelbſt über dieſen Gegenſtand angeſtellet. In Fig. 11. iſt CS die ſenkrechte Linie auf die Karte SU, und geht durch den Mittelpunkt des Körpers, deſſen Hälfte CD oder SE iſt; EB iſt parallel mit CS, und AI ein bei D einfallender Strahl; ADB oder EDI iſt der Winkel des Einfalls; EDR derjenige der Deflexion des Roth; EDV derjenige von Violet, und EDG derjenige der zwiſchenliegenden Farben. Nach Newton *) war CD $\frac{1}{500}$ Theil eines Zolls, DE 6 Zoll, SI $\frac{1}{108}$ Theil eines Zolls, RV $\frac{1}{170}$ Theil, und folglich RG $\frac{1}{340}$ Theil, GS war $\frac{1}{70}$ Theil; daher werden denn die Winkel IDE, EDV, EDG, und EDR gefunden werden, daß ſie ſind 4', 30"; 5'; 7', und 9'

*) Optics. Book III. Obſ. 3.

für jeden. Nun ſind die natürlichen Sinuſſe von 4′ 30″, 5′, 7′ und 9′ wie die Zahlen 1309, 1454, $2035\frac{1}{2}$ und 2677, welche ſind wie die Sinuſſe des Einfalls, der Deflexion und Inflexion von Violet, Grün und Roth. Sind nun ſolchergeſtalt die Winkel der Flexion der äußern und mittlern Strahlen gegeben, ſo werden diejenigen der andern Strahlen gefunden, wenn man die Differenz zwiſchen 1454 und 2617 in dem harmoniſchen Verhältniſſe theilt, denn alsdann wird das Roth ſeyn gleich $145\frac{3}{8}$, das Orange $87\frac{7}{40}$, das Gelb $155\frac{1}{10}$, das Grün $193\frac{5}{6}$, das Blau $193\frac{5}{6}$, das Indig $129\frac{2}{9}$ und das Violet $258\frac{4}{9}$; und addirt man nun zu der Zahl 1454 das Violet, und zu dieſer Summe das Indig u. ſ. f. ſo erhalten wir die Flexibilität des Roth von 2617 zu $2471\frac{5}{8}$, des Orange von $2471\frac{5}{8}$ zu $2384\frac{2}{5}$, des Gelb von $2384\frac{2}{5}$ zu $2229\frac{1}{3}$, des Grün von $2229\frac{1}{3}$ zu $2035\frac{1}{2}$, des Blau von $2035\frac{1}{2}$ zu $1841\frac{2}{3}$, des Indig von $1841\frac{2}{3}$ zu $1712\frac{4}{9}$ und des Violet von $1712\frac{4}{9}$ zu 1454: indem der gemeinſchaftliche Sinus des Einfalls 1309 iſt. Es iſt daher offenbar, daß die Flexibilität des Roth nicht zu derjenigen des Violet ſey, wie die Refrangibilität des Violet zu derjenigen des Roth iſt; und eine geringe Aufmerkſamkeit wird uns überführen, daß wir keine Urſache hatten zu erwaeten, daß die Analogie in dieſer Rückſicht erhalten werden müßte; denn die Refrangibilität der Strahlen hängt von der Art des refraktirenden Medium ab, und folgt keiner allgemeinen Regel, dahingegen unſere Berechnung in Rückſicht der Wirkung der biegenden Kraft unter einem gewiſſen Abſtande gemacht worden iſt, der größer iſt, als derjenige, worüber die Partikelchen der Medien auf die Strahlen bei Refraktirung derſelben wirken. Wir haben in

den mathematiſchen Sätzen, die dieſer Abhandlung vorausgeſchickt worden, bemerkt, daß der Winkel der Flexion geringer ſey, als derjenige des Einfalls, wenn in dem Falle der Biegung, der Winkel, welcher durch den Strahl und den Körper gemacht wird, ſpitzig iſt, und wenn im Falle der Deflexion dieſer Winkel ſtumpf iſt; und wenn der Strahl ſenkrecht oder parallel iſt, ſo verſchwindet der Winkel des Einfalls in beiden Fällen. Es iſt daher offenbar, daß unter dieſen beiden Umſtänden der Dinge das Verhältniß von 1309 zu 2036, welches dasjenige eines geringern und eines größern iſt, uns nicht in Stand ſetze, den Winkel der Flexion zu finden, ob er ſchon in der That vollkommen dient, wenn der Strahl vor der Inflexion einen ſtumpfen, und vor der Deflexion einen ſpitzigen Winkel macht. Ich habe daher des Winkels erwähnet, welcher von dem gebogenen Strahle mit dem einfallenden gemacht wird, welches denn eine allgemeine Formel verſchaft; denn es ſey der Winkel des Einfalls I, und derjenige, welcher den gebogenen Strahl mit dem einfallenden B macht, ſo haben wir alsdenn, wenn F der Winkel der Flexion iſt, $F = B \pm I$; ſo daß wenn $I = O$; $F = B$; oder wenn der einfallende einen ſtumpfen Winkel mit dem Körper macht, im Falle der Deflexion, und einen ſpitzigen in demjenigen der Inflexion, ſo iſt alsdenn $F = I - B$, und in dem übrigbleibenden Falle $F = I + B$.

Dieſe Bemerkungen ſetzen uns in den Stand einen kurzen Inbegrif der optiſchen Wiſſenſchaft zu geben. Wenn die Partikelchen des Lichts unter einem gewiſſen Abſtande von irgend einem Körper gehen, ſo ſtößt eine repulſive Kraft ſie ab; unter einem etwas

geringern Abſtande wird dieſe Kraft anziehend; unter einem noch geringern Abſtande wird ſie wieder abſtoßen; und unter dem geringſten Abſtande wird ſie wieder anziehend wie vorher, indem ſie jederzeit in der nämlichen Richtung wirkt. Dieſes alles findet Statt, wie auch die Richtung der Partikelchen beſchaffen ſeyn dürfte; allein wenn bei Fortſetzung er durch den Körper geht, ſo treibt alsdann die nächſte repulſive Kraft die Partikelchen zurück, und die nächſte attraktive Kraft läßt ſie entweder durch, oder wendet ſie aus ihrem Wege während dem Durchlaſſen. Ferner ſind die Partikelchen in ihrer Beſchaffenheit verſchieden, worauf die Wirkung vermöge dieſer Kraft erfolgt, und in allen dieſen Verſchiedenheiten der Aeußerung Statt findet, ſo wie denn auch diejenige, auf welche die Wirkung durch ihre Aeußerung in einem Falle erfolgt, auch durch dieſe Aeußerung am ſtärkſten darauf gewirkt wird, wenn Abänderungen geſchehen; ausgenommen in den Fällen der Refraktion, wovon wir vorher redeten, welche Beſchaffenheiten der Theile in allen Fällen in dem nämlichen harmoniſchen Verhältniſſe ſind. Endlich iſt die Urſache dieſer verſchiedenen Beſchaffenheiten in der Größe der Partikelchen, die verſchieden ſind.

Alles, was nun noch in Rückſicht dieſes Theils unſers Gegenſtands noch übrig bleibt, iſt ein oder zwei Phänomene in Rückſicht der Reflexibilität zu erklären.

1. Es iſt bemerkt worden, daß wenn wir auf ein Licht, oder einen andern leuchtenden Körper mit beinahe zugeſchloſſenen Augen ſehen, helle Streifen aufwärts und unterwärts von demſelben zu ſchießen

ſcheinen. Newton *) erklärt dieſes vermöge der Refraktion durch die Feuchtigkeiten, die den Augenliedern anhängen. Rohault **) und Hert Young ***) ſchreiben ſie den Reflexionen zu. Descartes läßt ſie von den Runzeln auf der Oberfläche des Auges entſtehen; De la Hire vermöge der Refraktion durch die Feuchtigkeit auf den Augenliedern, gleichſam als durch eine konkave Linſe, und Prieſtley ****) von der Inflexion durch die Augenwimper. Die Richtigkeit der Erklärung des Newton iſt offenbar, weil die Streifen, welche von der Höhe des leuchtenden Körpers ſchießen, durch das untere Augenlied entſtehen, oder wenigſtens durch die Feuchtigkeiten, die dem untern Ciliar-Prozeſſe anhängen, und diejenigen, welche von dem Boden des Körpers erſcheinen, durch das obere Augenlied; welches der Fall nicht ſeyn könnte, wenn ſie entweder durch Reflexion von den Prozeſſen, oder durch Inflexion durch die Wimpern entſtunden.

Ich habe indeſſen eine andre Art von Streifen bemerkt, die voller abgebrochenen Farben aller Arten waren, und durch die Reflexion von der Feuchtigkeit auf den Prozeſſen entſtanden; in dieſen entſpricht der untere Streifen dem untern Prozeſſe, und umgekehrt: ſie können durch irgend einen polirten Körper entſtehen, welcher in der erforderlichen Lage zwiſchen der Pupille und dem leuchtenden Körper gehalten wird.

---

*) Lect. opt. Sect. III. zu Ende.

**) Phyſica p. 249. ed. Clark.

***) Philoſ. Tr. 1793.

****) On viſion Vol. II.

Die Farben ſind ſehr ſchön, wenn ſie von der Sonne entſtehen, und gleichen in Form und Unregelmäßigkeit der Ordnung einiger Streifen, welche durch große halbpolirte Körper gemacht werden, wie ich im zweiten Theile dieſer Abhandlung beſchrieben habe.

2. Der nächſte Gegenſtand der Aufmerkſamkeit iſt für unſre Theorie von der größten Wichtigkeit, nämlich die Entſtehung der Bilder durch Reflexion: hier iſt zur Erklärung dreierlei erforderlich, die Menge der Bilder, ihre Farben, und ihre Veränderungen in Rückſicht der Größe.

15. Beobacht. Ich habe gleichförmig gefunden, daß keine reflektirende Oberfläche ſie macht, ausgenommen wenn ſie krumm iſt, und (ihre Oberfläche) von einer gewiſſermaßen fibröſen Struktur. Ein flacher Spiegel, kein konkaver oder konvexer, macht ſie, wenn ſie nicht von dieſer Struktur ſind, ſo wie denn aus dem nämlichen Grunde Queckſilber, wenn es ſo gehalten wird, daß es das Licht reflektirt, welches darauf fällt, ſie nicht macht, als nur durch Reiben deſſelben, ſo daß es in kleine Partikelchen vertheilt wird, und wenn man dieſe in den Strahl des Sonnenlichts ſetzt, wo jedes Partikelchen ein Bild nebſt den Farben in regelmäßiger Ordnung und ſehr helle macht: hielt man einen Zilinder in die Strahlen, und bemerkte die Längen der Bilder, ſo fand ich, daß wenn die Krümmung vermehrt wird, die Bilder auch an Größe wachſen, die denn mehr ausgedehnt, und ſtark gefärbt werden. Alles dieſes führt denn unmittelbar zur Erklärung. Jede der kleinen Fibern macht ein Bild, welches vermöge der verſchiedenen Reflexibilität der Strahlen in die ſie-

den Hauptfarben getheilt wird. Allein warum bildet ein flacher Spiegel nicht eines derſelben nach den nämlichen Grundſätzen? In Fig. 12. ſey AE die krumme Oberfläche eines ſehr konvexen Spiegels, d. i. einer ſchwachen Fiber; GC ein Strahl, welcher vermöge der kleinen Oberfläche DC reflektirt wird, ſo wird er in CI roth, und CK violet vermöge der ungleichen Wirkung von FC auf ſeine Theile getrennt. Allein wenn DC bis L in einer geraden Linie verlängert wird, ſo wird alsdann die Sphäre der Geflexion von LC, welche ſich etwas darüber bis KC, dem nächſten Theile zu C, und nicht bis IC erſtreckt, KC und ſo auch das Indig und der Theil von dem Blau näher zu der ſenkrechten Linie treiben; alsdann wird IC, welches innerhalb der Sphäre der Inflexion von LC ſich befindet, zugleich mit Orange, Gelb und dem Theile von Grün näher bis KC gebracht werden; ſo daß IC und KC beide zu einem Winkel gebracht werden, der demjenigen des Einfalls gleich iſt, und werden ſolchemnach in einen parallelen weißen Strahl reflektirt werden. Wenn LC etwas weggenommen wird, oder die Oberfläche wird konvexer, ſo wird IC angezogen, und KC zurückgeſtoßen, allein nicht ſo viel, daß ein Parallelismus und eine Weiße entſteht, indem ein engeres und weniger gefärbtes Bild entſteht, als wenn LC ſo weit herum bewegt wird, daß KC angezogen, und IC deflektirt oder zurückgeſtoßen wird. Wenn LC ſo herum bewegt wird, daß der Spiegel konkav wird, ſo wird alsdann KC zurückgeſtoßen, und IC angezogen wie vorher, wofern nicht die Krümmung beträchtlich iſt; und alsdann werden KC und IC beide zurückgeſtoßen, und ein Bild in dem Brennpunkte (cauſtic) durch Reflexion gemacht. In

der dritten Beobachtung fanden wir, daß gewiſſe Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche des Reflektors verurſachten, daß die Bilder in der umgekehrten Ordnung der Farben ſich befanden. Wie geſchieht dies? In Fig. 13. mögen gf, fe, er, ri und ih die Sektionen der konvexen Fibern auf der Oberfläche des Reflektors vorſtellen, und der Strahl AB werde von ef reflektirt, in Br roth, und Bv violet getrennt; ſo iſt alsdann, wenn AB ſolchergeſtalt gegen ef geneigt war, daß Br und Bv auf er fielen, als die Seite der Fiber zunächſt ef, und etwas größer als ef, offenbar, daß Bv in vV, und Br in rR reflektirt werden wird, und es wird ein Bild VR entſtehen, welches das Violet zu äußerſt, und das Roth zu innerſt hat, indeß die zwiſchenliegenden Farben in ihrer Ordnung von V zu R ſind. Endlich ſieht man, daß je größer der Winkel des Einfalls iſt, deſto länger das Bild ſeyn werde, ſo wie um deſto entfernter ſeine Farben getrennt werden; aus dieſer Urſache werden denn auch, je entfernter die Bilder von dem Schatten ſind, um deſto weniger ſie erweitert und gefärbt ſeyn. Auch werden ſie nicht einerlei Anſehen unter allen Entfernungen von dem Punkte des Einfalls haben; ſehr nahe dabei werden ſie ſämmtlich in der Form von Franzen quer über den Streif ſeyn, indem die Breite größer iſt als die Länge (wenn ich mich des Ausdrucks bedienen darf) allein ſo wie wir davon abgehen, ſo werden ſie ausgedehnt, wie vorher beſchrieben worden, wo denn die Länge geſchwinder wächſt als die Breite, ſo wie unter einem gewiſſen Punkte oder Abſtande ſie genau ſo lang als breit ſeyn werden; alles dieſes ſtimmt mit dem Verſuche überein; auch iſt es unnöthig durch einen beſondern Be-

weis zu zeigen, auf welche Art ein Bild von einem andern getrennt wird, da der Grund offenbar die Art iſt, nach welcher die Fibern auf der reflektirenden Oberfläche geordnet und gegen einander geneigt werden.

3. Eine Menge von Erſcheinungen, die in denjenigen der Bilder begriffen ſind, laſſen ſich nach dem erklären, was hierüber bereits erinnert worden iſt. Wenn ein Stück Metall geſchabt, und in Sonnenſchein gelegt wird, ſo wird eine Menge von gebrochenen Farben vermittelſt der Riſſe entſtehen, als geſehen werden können, wenn man ſie entweder auf das Auge fallen läßt, oder wenn man ſie auf einem weißen Gegenſtande auffängt. Dies rührt offenbar von der verſchiedenen Reflexibilität der Strahlen her, welche auf die Riſſe fallen, als welche eben ſo viele unregelmäßige Spiegel von einer großen Krümmung ſind; die Bilder werden daher verſtellt und gebrochen, eben ſo wie ein Licht u. ſ. f. gebrochen und gefärbt erſcheint, wenn man es durch ein Stück von unregelmäßigem Kriſtall betrachtet, dergleichen der Boden oder Fuß eines Weinglaſes iſt. Wenn wir aufmerkſam auf einen Gegenſtand ſehen, der dem Sonnenlichte ausgeſetzt iſt, vorausgeſetzt, daß er nicht polirt ſey, ſo werden wir ſeine Oberfläche mit verſchiedenen Farbenpunkten zufolge der ſpiegelartigen Beſchaffenheit ſeiner kleinſten Partikelchen bedeckt finden. Sehen wir gegen die Sonne mit einem Hute auf dem Kopfe, der herabgeſchlagen worden, ſo daß das direkte Licht der Sonne nicht auf unſre Augen fallen könne, ſondern blos auf die Haare des Huts, und reflektirt wird, ſo werden wir eine Verſchiedenheit von lebhaften Farben ſehen, die nach allen Richtun-

gen von dieſen Haaren ſchießen; ſo wie wir uns denn leicht ſelbſt überzeugen können, daß ſie keinesweges Folge der Flexion ſind, wenn wir eben dieſes mit unpolirten Fäden verſuchen, in welchem Falle ſie nicht erſcheinen, vorausgeſetzt, daß ſie nicht ſehr ſchwach ſind. Auf die nämliche Art können wir die Farben des Spinngewebes erklären, desgleichen der verſchiedenen Zeuge, welche ihre Farben verändern, wenn ihre Lage geändert wird, ſo wie gewiſſer Foſſilien, welche von verſchiedenen Farbenſtreifen erſcheinen, wenn ſie gegen das Licht gehalten werden, wie z. B. der Federmarmor von Sachſen u. ſ. f. Da alle dieſe Körper Oberflächen von einer fibröſen Struktur haben, ſo reflektirt jede Fiber, und zerſetzt die Strahlen.

4. Die Betrachtungen der vorhergehenden Phänomene brachten mich denn auf den Gedanken, daß nach den Grundſätzen, welche bereits gegeben worden ſind, die Farben der natürlichen Körper erklärt werden dürften. Die berühmte Entdeckung des Newton, daß ſie von der Dicke ihrer Theile abhängen, vermindert ſich bei der Vergleichung mit ſeiner Hypotheſe über die Anwandlungen der Strahlen und der Wellen des Aethers. Vergnügt und erſtaunt bei den erſtern, wenden wir uns froh von den letztern; und unwillig in den Dunſt einer unverſtändlichen Theorie uns zu verwickeln, die dem Machwerke ſo ähnlich iſt, und ſich auf genaue Induktion gründet, wünſchen wir eine Fortſetzung der Verſuche und Beobachtungen zu finden, die uns außer der Nothwendigkeit einer Annahme ſetzen. Meine Bemerkungen über dieſen Gegenſtand ſind auf keine Weiſe vollſtändig geweſen, da ich noch nicht die Beweiſe und Verſuche beendiget

habe, zu welchen er mich führte; allein um meinen Plan vollſtändig zu machen, will ich einige Winke über den Gegenſtand beifügen. Es beſtätiget ſich nach dem 3. Satze des 1. Buchs des erſten Theils der Optik, daß die Theile des Lichts an Reflexibilität verſchieden ſind, d. i. nach des Verfaſſers Erklärung, in der Neigung zurückgebogen, nicht aber an den Gränzen zweier durchſichtigen Medien durchgelaſſen zu werden. Daß der Beweis einen logiſchen Fehler in ſich faßt, ſcheint offenbar der Fall zu ſeyn. Wenn die Strahlen, vermöge Refraktion durch die Grundfläche des Priſma, deſſen man ſich bei dem Verſuche bedienet, in ihre Theile getrennt werden, ſo werden ſie divergirend, indem das Roth und Violet unter verſchiedenen Winkeln aufſteigt, und dieſe fielen auch auf die Grundfläche unter verſchiedenen Winkeln vermöge der Refraktion der Seite, unter welcher ſie eintraten; wenn daher das Priſma rund um ſeine Axe bewegt wird, wie es in dem Satze beſchrieben worden, ſo iſt die Grundfläche dem Violet am nächſten wegen der Lage der Strahlen durch die Refraktion, und trift ſie zuerſt; ſo daß, wenn das Violet ſogleich reflektirt wird, als es die Baſis trift, es vor irgend einem der übrigen Strahlen, nicht von einer verſchiedenen Neigung dazu, ſondern blos von ihrer verſchiedenen Refrangibilität, reflektirt wird; ob indeſſen nun ſchon dieſer Verſuch ein vollkommner Beweis von der verſchiedenen Refrangibilität der Strahlen iſt, ſo beweiſt er jedoch nichts mehr; ſo wie denn in der That ein Verſuch uns überführen wird, daß alle Strahlen die nämliche Neigung haben, reflektirt zu werden, vorausgeſetzt, daß der Winkel des Einfalls der nämliche ſey. Denn ich hielt ein Priſma vertikal, und ließ das Spek-

trum eines andern Priſma durch die Baſis des erſtern reflektirt werden, ſo daß die Strahlen alle einerlei Winkel des Einfalls hatten; wenn nun das vertikale Priſma um ſeine Axe gewendet wurde, wenn eine Art von Strahlen durchgelaſſen oder reflektirt wurde, ſo wurden auch alle Strahlen durchgelaſſen oder reflektirt. Wir können daher die verſchiedene Reflexibilität des Lichts auf die Erklärung der Farben der Körper anwenden, da dieſe Eigenſchaft keine Exiſtenz hat. Allein wir haben gezeigt, daß die Strahlen an Reflexibilität verſchieden ſind, wenn wir das Wort in dem neuen Sinne nehmen, wie bereits erklärt worden iſt. Wir wollen ſehen, ob dieſer Grundſatz nicht das wichtige Problem auflöſen dürfte. Es iſt offenbar, daß die Partikelchen der Körper ſpiegelartig ſind. Nun nehme ich an, daß die Farben der Körper nicht von der Größe, ſondern von der Lage dieſer Partikelchen, oder wenigſtens nicht blos von der Größe abhängen, in ſo fern als ſie auf ihre Lage Einfluß hat; eine Idee, womit die Mathematiker ſehr bekannt ſind.

16. Beobacht. Als ich einige der Verſuche anſtellte, deren ich bereits oben über die Reflexibilität des Lichts erwähnet habe, ſo bemerkte ich unter den regelmäßigen Bildern, die von den meiſten Nägeln entſtanden, deren ich mich bediente, eines oder zwei ganz von einerlei Farbe, als roth, blau u. ſ. f. ſo wie denn, ſo wie der Nagel bewegt wurde, dieſe ſich gleichfalls bewegten, und von andern Farben in regelmäßiger Ordnung wie die übrigen wurden, welches deutlich zeigt, daß ſie ihr Daſeyn von einer Farbe zuerſt von einer Fiber erhielten, die an der Oberfläche vorragte, oder vielmehr verſchiedenen derſel-

ben, welche das Roth und alle übrigen außer das Blau der verſchiedenen Bilder unterbrachen, oder das Blau und alle übrigen außer dem Roth. Ferner erhielt ich verſchiedene regelmäßige Bilder durch zwei oder drei kleine Nägel, und mit großer Mühe gelangte ich endlich dazu, ſie in eine ſolche Lage zu ſetzen, daß eine blaue Farbe von beträchtlicher Größe hervorgebracht werden konnte, ſodann eine rothe u. ſ. f. ſo wie ich die Stellung der Nägel veränderte; nun hat es nichts auf ſich, ob die Lage oder die Größe verändert wird, denn eines wirkt auf das andre. Iſt es nun nicht einleuchtend, daß dieſer Verſuch, und die Folgerung, welche daraus offenbar hergeleitet werden kann, auf die Farben natürlicher Körper übertragen werden könne, wie wir ſie durch Reflexion ſehen? Denn da die Theile ſpiegelartig und ſphäriſch ſind, ſo wird jeder ein Bild des leuchtenden Körpers machen; ſo wie denn vermöge der Lagen der Seiten der zunächſt liegenden je ſechſe von den Farben unterbrochen werden können, indeß die ſiebente zum Vorſchein kommt; wenn nun dieſes in einem Theile der Fall iſt, ſo wird es auch in allen ſeyn, denn daß die Textur und Größe der Theile durchaus einerlei iſt, iſt niemals in Anregung gekommen. Allein man wird fragen, wie reflektiren die Partikelchen eine Miſchung von verſchiedenen Farben? Wir antworten hierauf, daß indem ein Partikelchen ſeine Seiten konkav, und vorwärts konvex hat, die Wirkung erfolge; denn die Farben werden ſolchergeſtalt in einem Verhältniſſe gemiſcht, welches durch die Lage der andern beſtimmt wird. Wie kann Weiß und Schwarz hervorgebracht werden? Wenn die Partikelchen groß ſind, ſo wird alsdann das ganze Licht, welches auf jedes fällt, reflektirt und ge-

trennt werden, und indem alle Bilder zuſammengeſetzt und mit einander gemiſcht werden, wird eine dunkle Empfindung oder ein Begrif von Weiß das Reſultat ſeyn. Denn wenn die Theile durchſichtig ſind, ſo werden die Bilder, welche vermöge der konvexen Oberfläche der zweiten Reihe der Partikelchen im Verhältniß zur Stärke der Partikelchen oder Platten größer ſeyn, durch welche ſie gehen müſſen, ehe ſie ein Hinderniß antreffen, und werden folglich durch andre Partikelchen nicht unterbrochen; auf gleiche Art wird die Farbe roth ſeyn, wenn die Partikelchen etwas geringer ſind, u. ſ. f. Sind die Partikelchen ſehr klein, ſo wird das Licht in Bilder getrennt werden, die gleichfalls klein ſind, mit welchen nun mit einander die Partikelchen, die zwiſchen das Licht durch verſchiedene Reflexionen und Hinderniſſe treten, gänzlich verloren gehen. Wie erſcheinen Körper von ihren eigenen Farben, obſchon kein leuchtender Körper ſcheint, deſſen Bild vermöge einer Reflexion erzeugt werden kann? Sie reflektiren Bilder der Wolken, welche das weiße Sonnenlicht reflektiren; denn wenn wir zwiſchen unſer Auge und einer Oefnung in dem Fenſter, welche durch das Licht der Wolken erleuchtet wird, einen reflektirenden Körper z. B. eine Nadel u. ſ. f. halten, ſo entſtehen gefärbte Bilder der Oefnung, die wie diejenigen der Sonne ausgedehnt ſind, wie ich öfters gefunden habe; eben dies findet auch bei der Inflexion Statt. Warum werden, wenn man einen Körper in Stücke zerlegt, ſeine Farben nicht verändert? Dies verändert blos die Lage der Maſſen der Partikelchen, nicht aber die Partikelchen ſelbſt; allein wenn wir bei Zerbrechung derſelben ihre Größe und Lage verändern,

ſo verändern wir auch ihre Farbe; z. B. die Blätter der Vegetabilien, wenn ſie in einem Mörſer geſtoßen worden, verſchiedene Schminken, wenn ſie pulveriſirt werden u. ſ. f. Warum verändern verſchiedene Körper ihre Farben, wenn ſie unter verſchiedenen Lagen angeſehen werden? Weil ſie zwei oder mehr Farben jedes Bildes unter verſchiedenen Lagen reflektiren; es hindert nichts, ob ihre Lage in Rückſicht gegen uns, oder unſre Lage in Rückſicht ihrer verändert wird. Wie erſcheinen Körper durch durchgelaſſenes Licht gefärbt? Weil die vorhergehenden Folgerungen ſich auch auf die Flexion der Strahlen auf ihrem Wege durch die Theile der Körper anwenden laſſen. Dieſe Bemerkungen ſcheinen mir eine ſehr einfache Auflöſung des Problems zu gewähren. Ich werde mich in der Folge bemühen, das zu beſtätigen, was ich angeführt habe, und noch andre Bemerkungen und Verſuche dieſerwegen anzuführen; denn es würde ermüdend, und vielleicht ſelbſt überflüſſig ſeyn, das, was ich hier erwähnet habe, durch Vorſtellungen und Beweiſe zu erläutern. Es iſt offenbar, daß die verſchiedene Refrangibilität der Strahlen die hellen und deutlichen Farben der Körper nicht erklärt; wenn der refraktirende Winkel eines Prisma beſtändig vermindert wird, bis z. B. er einem von einer Minute gleich geworden, ſo wird die Refraktion keine merklichen Farben geben; in der That hat beinahe jedes Stück flaches Glas ſeine Seiten in einem geringen Grade gegen einander geneigt, und doch werden keine Farben erzeugt; viel weniger wird dann Refraktion durch die unendlich kleinern Theile der Körper eine Trennung der Strahlen bewirken.

Setzt man dieſe Bemerkungen weiter fort, ſo wird es dann nicht ſchwer ſeyn, die Farbenringe ſchwacher Platten durch Reflexion zu erklären, als wir vorher von denjenigen ſtarken Platten durch Flexion anführten; in der That ſcheinen diejenigen, die in dem Verſuche der zwei Linſen gebildet, und von Newton angenommen worden, daß ſie von dazwiſchenliegenden Luftplatten entſtünden, eine verſchiedene Urſache zu haben, als ohne große Folgerung von den beſondern Verſuchen des Abbe' Mazeas *) und ſelbſt von einem oder zweien der eignen Verſuche des Newton hergeleitet werden kann, wo er ein ungleich feineres Medium als die Luft zwiſchen den Gläſern annimmt **). Gegenwärtig fürchte ich den Gegenſtand weiter zu verfolgen, da dieſe Abhandlung bereits zu einer größern Länge angewachſen iſt, als ich anfangs Willens war. Ich eile daher zum Schluſſe, wo ich noch einen kurzen ſummariſchen Inhalt der Sätze anführen will, welche die Hauptſachen enthalten, welche wir in dieſer Abhandlung zu erklären geſucht haben.

1. Satz. Die Winkel der Inflexion und Deflexion ſind unter gleichen Einfällen gleich.

2. Satz. Der Sinus der Inflexion iſt zu demjenigen des Einfalls in einem gegebenen Verhältniſſe, (welches in der Abhandlung beſtimmt worden iſt).

*) Mem. de l'Acad. 1738.

**) Optics B. II. P. I. Obſ. 10. und 11.

3. Satz. Das Sonnenlicht beſteht aus Theilen, welche im Grade der Inflexibilität und Deflexibilität verſchieden ſind, indem diejenigen, welche am meiſten refrangibel ſind, am wenigſten flexibel ſind.

4. Satz. Die Flexibilitäten der Strahlen ſind umgekehrt wie ihre Refrangibilitäten; und das Spektrum durch Flexion wird durch das harmoniſche Verhältniß getheilt, wie das Spektrum durch Refraktion.

5. Satz. Der Winkel der Reflexion iſt demjenigen des Einfalls nicht gleich, ausgenommen in beſondern (obſchon gewöhnlichen) Verbindungen der Umſtände, und in den mittlern Strahlen des Spektrum.

6. Satz. Die Strahlen, welche am meiſten refrangibel ſind, ſind am wenigſten reflexibel, oder machen den kleinſten Winkel der Reflexion.

7. Satz. Die Reflexibilitäten der verſchiedenen Strahlen ſind umgekehrt wie ihre Refrangibilitäten, und das Spektrum durch Reflexion wird in dem harmoniſchen Verhältniſſe, wie dasjenige durch Refraktion getheilt.

8. Satz. Die Sinuſſe der Reflexion der verſchiedenen Strahlen ſind in gegebenen Verhältniſſen derjenigen des Einfalls (welche in der Abhandlung beſtimmt worden).

9. Satz. Das Verhältniß der Größe der verſchiedenen Theile des Lichts wird gefunden.

10. Satz. Die Farben natürlicher Körper findet man, daß ſie von den verſchiedenen Reflexibilitäten der Strahlen, und zuweilen von ihren Flexibilitäten herkommen.

11. Satz. Die Lichtſtrahlen werden durch eine und die nämliche Kraft, die ſich unter verſchiedenen Umſtänden verſchiedentlich äußert, reflektirt, refraktirt, inflektirt und deflektirt.

Es würde die Gränzen meines Plans überſchreiten, den ich mir bei meinen Anmerkungen und Beiträgen gemacht habe, wenn ich alles das aufnehmen wollte, was ſeit einigen Jahren über Licht und Sehen nur in den in vieler Rückſicht ſo ſchätzbaren philoſophiſchen Transaktionen der Königlichen Societät zu London iſt aufgenommen worden: ich muß daher Liebhaber und Kenner auf jene Abhandlungen ſowohl, als auf andre wichtige Bemerkungen und zum Theil nähere Erklärungen dieſes ſo intereſſanten Gegenſtands der Optik verweiſen. Beſonders empfehle ich hier die Geſchichte der Optik von Prieſtley, nach der Bearbeitung des Herrn Prof. Klügels, die in mancher Rückſicht nähere und vollſtändigere Erklärungen leiſten dürfte, als man irgend anderswo findet.

Nur einiges muß ich noch in Rückſicht der Phosphoren erwähnen, beſonders was die neuern Beſtimmungen dieſer Erſcheinung an Körpern betrift. Im weitläuftigen Sinne des Worts gehörten hieher alle leuchtende Körper, allgemein aber begreift man

darunter nur diejenigen Subſtanzen, deren Licht im Dunkeln ehedem zu den ſeltnern und unerwarteten Erſcheinungen gehörte. Solche phoſphoriſche Körper ſind theils natürliche theils künſtliche, deren Anzahl in unſern Zeiten beſonders durch Wedgwood ſehr vermehrt worden iſt, in Rückſicht ſeiner dieſerwegen angeſtellten Verſuche und Bemerkungen ich mich auf die philoſophiſchen Transaktionen, und zum Theil auf Grens Journal der Phyſik beziehen muß, da ſie in der That nachgeleſen zu werden verdienen.

Lavoiſier hat auf die Erſcheinungen des Phosphorus zum Theil ſein antiphlogiſtiſches Syſtem gegründet, nach welchem denn die Phoſphorſäure durch die Verbindung des in der reinen Luft enthaltenen oxygenen Grundſtofs mit dem Phoſphor erzeugt wird. Es ſind in dieſer Rückſicht die wichtigſten Verſuche angeſtellt worden: allein es würde mich zu weit führen, wenn ich hier nur die hauptſächlichſten anführen wollte. Unter andern beziehe ich mich dieſerwegen auf das bereits erwähnte phyſikaliſche Journal des Herrn Prof. Gren, wo die ſchätzbarſten Verſuche in dieſer Rückſicht geſammelt worden ſind.

Allerdings verdient die Erfindung der refraktirenden Teleſkope die größte Bewunderung, ohne jedoch im Stande zu ſeyn, die Epoche derſelben anzugeben. Verſchiedene ſetzen ſie weit hinaus, und wollen ſchon beim Demokrit und Ariſtoteles Spuren davon finden: allein alles was ſich etwa hierauf zu beziehen ſcheinen dürfte, ſelbſt wo von wirklichen Röh-

ren die Rede iſt, läßt ſich aus dem Zuſammenhange z. B. im letztern Falle, von leeren Röhren erklären, deren man ſich damals zu Abhaltung des Lichts von den Seiten bediente. Diejenige Stelle, die Adams im Texte von Roger Baco anführt, hat ohnſtreitig viel Aehnlichkeit mit dem, was die Fernröhre leiſten, allein nimmt man dieſe Stelle im Zuſammenhange mit dem vorhergehenden Kapitel, ſo ſieht man deutlich, daß er an beiden Orten nur von Wahrſcheinlichkeiten redet, auch in der That nirgends etwas von einer wirklichen Ausführung der Sache erwähnet.

Eben ſo iſt das, was von Julius Cäſar angeführt wird, daß er die britanniſchen Küſten von Gallien aus geſehen, wozu er ſich theils der Spiegel, theils der Röhren bedient haben ſoll; der erſtere Fall iſt wohl von keinen Spiegeln, ſondern von Warten zu verſtehen, der zweite Fall aber leicht durch leere Röhren zu erklären. Eben ſo kann die Stelle des Porta: „daß wenn man wiſſe ein hohles und ein erhabnes Glas gehörig zu verbinden, man ſowohl nahe als entfernte Gegenſtände größer und deutlicher ſehen werde,“ wohl nur von einer Veränderung der Brennweite verſtanden werden, denn ſeine Eitelkeit, die in allen ſeinen Schriften hervorleuchtet, würde nicht ermangelt haben, eine genaue Beſchreibung davon zu geben, wenn er wirklich etwas dem Teleſkope ähnliches gekannt hätte.

Alles was man mit Zuverläſſigkeit weiß, iſt daß ohngefähr um die Jahre 1608 und 1609 die wirkliche Erfindung der Teleſkope aus Holland gekom-

men, ohne jedoch mit Gewißheit weder Zeit, noch Ort, noch Perſon anzugeben.

In der That geſchahe durch Galiläi eine zweite Erfindung des Teleſkops, allein es iſt nicht wahrſcheinlich, daß er allein aus der Theorie der Brechung der Strahlen es errathen habe, weil damals die Dioptrik noch zu ſehr unvollkommen war, ſo wie denn nicht Galiläi, ſondern eigentlich Kepler die Art der Wirkung des Fernrohrs gehörig und deutlich erklärt hat. Auch Franz Fontana eignet ſich die Erfindung zu, allein man hat ſie in keine Betrachtung gezogen, da er mit ſeinen Anforderungen erſt alsdann hervortrat, nachdem die ganze Sache bereits vollkommen bekannt war.

Das aſtronomiſche Fernrohr, oder dasjenige, was aus zwei konvexen Linſen beſteht, wurde von Keplern zuerſt vollkommen erklärt, obſchon die Sache damals nur ein theoretiſcher Gedanke blieb, bis ſie P. Scheiner wirklich benutzte. Das Erdrohr mit mehrern Augengläſern, was die Gegenſtände aufrecht darſtellt, iſt zwar auch von Kepler und Scheiner angegeben worden, allein beſſer und vollſtändiger beſchrieb dieſes nachher P. Anton Maria de Rheita. Die wichtigſten nachher hierin vorgenommenen Einrichtungen und Vorſchriften kann man beſonders Eulern und Dollond zuſchreiben, von denen ich theils in meiner Sammlung von Inſtrumenten verſchiedenes angeführt habe, theils in einem andern Werke mehr und ausführlicher erwähnen werde.

Wegen der im Texte angeführten Unvollkommenheiten der Geſtalt der Gläſer ſowohl als der verſchie-

denen Refrangibilität der Lichtſtrahlen, war es freilich nöthig, wenn man große Wirkungen durch dieſe Inſtrumente erlangen wollte, ſie von beträchtlicher Länge zu machen. So hat man ſolche Fernröhre von 86, 100 und 136 Par. Fuß lang gemacht. Huyghens verfertigte Objektgläſer von 210 Fuß Brennweite, und Azaut in Frankreich brachte ſogar eins von 600 Fuß zu Stande, konnte es aber aus Mangel ſchicklicher Vorrichtungen nicht anwenden. Eben ſo ſchlif auch Hartſoeker Objektgläſer von 600 Schuh Brennweite. Dieſe ungeheure Länge machte denn ſolchemnach auch außerordentliche Vorrichtungen nöthig, bis man auf den Gedanken kam, die Röhren ganz wegzulaſſen, und die Gläſer in freier Luft aufſtellte.

Allein mit Newton und in der Folge mit Dollond ereignete ſich nunmehr eine neue Epoche. Newton gab nämlich um dieſe Zeit alle Hoffnung durch ſeine bekannten Bemühungen und Verſuche über die Refrangibilität der Lichtſtrahlen auf, dagegen er ſich jetzt bemühte, die Spiegelteleſkope zu mehrerer Vollkommenheit zu bringen, die aber in der Folge beſonders aus Mangel an geſchickten Künſtlern doch beinahe wieder ganz vergeſſen worden wären. Hierzu kam noch überdies die Erfindung der bekannten achromatiſchen Fernröhre, deren eigentlicher Erfinder allerdings John Dollond iſt, und die auch in der That alles leiſten, was man von Fernröhren durch dioptriſche Mittel erwarten kann, beſonders wenn man ſich zuverläſſig auf die ſtets einerlei brechende Kraft des Flintglaſes verlaſſen könnte; allein alles was man darüber geſchrieben, alle Berechnungen, die dieſerhalb geſchehen ſind, ſind bis gegenwärtig noch

unzureichend geweſen: daher ſelbſt die engliſchen Künſtler ſich mehr auf ohngefähre Zuſammenſtellungen und Verſuche mit verſchiedenen Linſen verlaſſen müſſen, ohne der Theorie ganz genau zu folgen.

Man hat übrigens mit Fernröhren von dieſen Arten verſchiedene Abſichten zu verbinden geſucht. So hat man außer den Galiläiſchen oder holländiſchen kleinen Taſchenperſpektiven, den aſtronomiſchen und Erdfernröhren ſie auch ſo einzurichten geſucht, daß man beſonders einen vorzüglichen Grad der Helligkeit erreicht; ſie ſind unter dem Namen der Nachtfernröhre, Sternſucher oder Kometenſucher bekannt. Oder man hat ſie doppelt gemacht, wie das Binokulartelеſkop, andrer Einrichtungen z. B. des Helioſkops, Polemoſkops, der Mikrometer u. ſ. f. nicht zu erwähnen.

Außer dem Merſenne erwähnt Herr Prof. Klügel in ſeinen Anmerkungen zu Prieſtleys Geſchichte der Optik, als einer noch frühern Idee eines reflektirenden Teleſkops, des P. Zucchi, eines Italieniſchen Jeſuiten. Nach Herrn Hadley machte ſich in Verfertigung guter Spiegelteleſkop beſonders Short in England bekannt; ferner Mudge und Edward. Die größte Vervollkommung aber haben ſie wohl ohnſtreitig den ſo wichtigen Bemühungen des Herrn Dr. Herſchels, eines Deutſchen in England, zu verdanken, der ſie zu einer außerordentlichen Höhe gebracht hat. Ihm ſind in Deutſchland mit beſonders großem Glücke Dr. Schröter in Lilienthal, und Herr Prof. Schrader in Kiel gefolgt. Was von dem ohnlängſt angegebenen großen Teleſkope dieſer Art zu hoffen iſt, welches in Frankreich von einer Länge von 60 Par. Fuß verfertiget wer-

den ſoll, ſteht noch zu erwarten: indeſſen haben ſich auch daſelbſt Künſtler gefunden, die bereits ſehr gute Spiegelteleſkope, beſonders mit Beiziehung der Platina verfertiget haben.

Zur bequemen Einrichtung der Mikroſkope ſind verſchiedene Vorſchläge geſchehen, deren ich bereits zum Theil anderwärts gedacht, theils auch vielleicht in der Folge noch näher erwähnen werde. Wilſon, Liberkühn, Euſtachio de Divinis, Hook, Bonanni, Euler, Hofmann, Tidemann, Adams, Dollond, Hurter u. a. m. ſind darin verſchiedentlich und mit verſchiedenem Glücke zu Werke gegangen. Man hat ſelbſt achromatiſche Objektlinſen vorgeſchlagen, von denen aber wohl wahrſcheinlich keine unter der erforderlich kleinen Fokaldiſtanz zu Stande gekommen iſt. Nicht weniger iſt man darauf gekommen, Spiegel wie bei Teleſkopen anzuwenden. Indeſſen noch immer hat man ſeinen Entzweck der gewünſchten Vollkommenheit nicht erreichen können. Alle ſchönen Theorien, die von Euler u. a. m. dieſerwegen gegeben worden ſind, haben vom praktiſchen Künſtler bis jetzt noch nicht erreicht werden können, ſo große Fortſchritte, und in der That ſo vollkommne ähnliche Inſtrumente auch geliefert worden ſind. Eine beſonders wichtige Angabe in unſern Zeiten iſt das vielleicht noch nicht ſo ſehr bekannte Lampenmikroſkop von dem Verfaſſer dieſes Werks, Herrn Adams, welches ich anfangs ſeinem äußern Baue nach in meiner Sammlung von Inſtrumenten beſchrieb, nachgehends aber von Herrn Prof. Schmid in Grens phyſikaliſchem Journal nach

einem ähnlichen wirklichen Inſtrumente der innern Einrichtung nach noch deutlicher angegeben worden iſt, und nach einer vorläufigen Probe, die ich dieſerwegen ſelbſt gemacht habe, auch in der That ſehr viele Vorzüge beſitzt. Vielleicht erlaubt es meine Zeit, hierüber und deſſen was dazu gehört, in der Folge mit mehrerm zu erwähnen.

Beſchreibung
des
vierzigfüßigen reflektirenden
Teleſkops
von
William Herſchel
L. L. D. F. R. S.

Aus
dem Engliſchen überſetzt
von
J. G. Geißler
Mitglied der naturforſchenden Geſellſchaft zu Halle.

Als
Anhang zum zweiten Bande
der phyſikaliſchen Vorleſungen des Herrn Adams.

Mit Kupfern.

Beſchreibung
des
vierzigfüßigen reflektirenden
Teleſkops
des
Dr. William Herſchel.

Philoſ. Transact. of the Soc. of London 1795. P. II.

Da die Größe meines vierzigfüßigen reflektirenden Teleſkops etwas ungewöhnliches iſt, ſo dürfte hoffentlich eine Beſchreibung den Liebhabern der Aſtronomie nicht ganz unwillkommen ſeyn. Ich werde mich daher bemühen von deſſen Bauart, inſofern als es die Gränzen dieſer Abhandlung geſtatten, einen ſoviel als möglich deutlichen Begrif zu geben, ſo wie ich denn hoffe, daß vermöge der damit verbundenen Aufriſſe und Vorſtellungen der Mechanismus deſſelben denjenigen hinreichend verſtändlich ſeyn wird, denen ähnliche Maſchinen und andre mechaniſche Werke nichts ungewohntes ſind.

Vorher aber erlaube man, daß ich erſt einiger Umſtände erwähne, welche den Weg zum Baue deeſes großen Inſtruments legten, als zu deſſen Ausführung beſonders zwei weſentliche Erforderniſſe nöthig waren: nämlich die gewiſſe Unterſtützung in Rückſicht der ſo äußerſt beträcht-

lichen Koſten, und eine vollkommne Erfahrung und Uebung in den mechaniſchen und optiſchen Beſchäftigungen ſelbſt.

Zwar beſaß ich, als ich noch zu Bath war, bereits hinreichende Kenntniſſe in Rückſicht der Theorie der optiſchen und mechaniſchen Wiſſenſchaften, allein noch mangelte mir die bei der Ausführung ſelbſt ſo weſentlich erforderliche Erfahrung, die ich mir erſt erwerben mußte, womit ich auch an dieſem Orte bereits ſchon einen guten Anfang zu machen Gelegenheit hatte, indem ich zur Erhohlung in meinen müßigen Stunden für mich ſelbſt, verſchiedene zwei- fünf- ſieben- zehn und zwanzigfüßige Newtoniſche Teleſkope außer den Gregoryſchen von acht, zwölf, achtzehn Zoll, von zwei, drei, fünf und zehn Fuß Fokallänge bearbeitete. Indeſſen das eigentliche Verfahren, den Spiegeln eine koniſche Sektion zu geben, mir damals noch ganz unbekannt war, ſo beſtand die Art, wie ich dergleichen Inſtrumente verfertigte, darin, daß ich verſchiedene Spiegel von jeder Art goß, ſie dann ſo gut, als es mir möglich war, bearbeitete, und alsdann durch Verſuche die beſten auslas, und ſie aufhob, die übrigen aber bei Seite legte, um ſie nochmals zu poliren. Solchergeſtalt habe ich denn nicht weniger als 200 ſiebenfüßige, 150 zehnfüßige, und gegen 80 zwanzigfüßige Spiegel verfertiget, ohne derjenigen zu erwähnen, denen ich die Gregoriſche Form gab, oder die ich nach der Vorſchrift des Dr. Smith's reflektirenden Mikroſkope verfertiget habe, deren gleichfalls eine große Menge iſt.

Hand in Hand folgten nunmehr meinen optiſchen Vergnügungen auch die mechaniſchen. Die Menge der Stative, welche ich in Rückſicht ſolcher Teleſkope erfand und verfertigte, kann ich beſtimmt nicht angeben. Ich verzeichnete deren von verſchiedenen Formen, unter denen ich denn diejenigen, welche am meiſten entſprechend ſchienen, bearbeitete. Von dieſen Bemühungen ſchreibt ſich

auch das Geſtelle zu meinem ſiebenfüßigen Newtonſchen Teleſkope her, welches ohngefähr vor 17 Jahren zu gegenwärtiger bequemen Einrichtung gelangt iſt, und deſſen vollſtändige Beſchreibung und Vorſtellung ich bei einer künftigen Gelegenheit der königlichen Societät vorzulegen Willens bin. Im Jahr 1781 fieng ich an, auf einen dreißigfüßigen Luftreflektor zu denken, in welcher Rückſicht ich denn auch, nachdem ich das Geſtelle dazu entworfen hatte, den Spiegel goß, deſſen Durchmeſſer 36 Zoll betrug, allein da die Kompoſition des Metalls, welches ich dazu anwenden wollte, etwas zu ſpröde war, ſo zerſprang er während dem Abkühlen. Ich goß ihn daher zum zweitenmale um, während dem aber der Ofen, den ich dieſerwegen in meiner Wohnung errichtet hatte, nachgab, und das Metall im Feuer verloren gieng.

Dieſe Zufälle verurſachten denn freilich, daß ich mein Vorhaben auf einige Zeit aufgab, beſonders da die Entdeckung des Georgiſchen Planeten mir die Huld unſers gütigen Königs zuwege brachte, und ſolchergeſtalt das große Werk, welches ich zur Abſicht hatte, in etwas verzögert wurde.

Im Jahr 1783 beendigte ich einen ſehr guten zwanzigfüßigen Reflektor mit einer großen Oefnung, und deſſen Einrichtung ganz nach dem Grundriſſe meines gegenwärtigen Teleſkops geſchah. Nach einer zweijährigen Beobachtung damit ſahe ich denn die Vorzüge ſolcher großer Oefnungen ſo deutlich, daß mich dies wieder auf mein ehemaliges Vorhaben zurückbrachte, nämlich ſie noch mehr zu vergrößern; und da ich nunmehr auch hinreichende Erfahrungen in dem Werke erlangt hatte, welches ich eben zu unternehmen Willens war, ſo hatte der Präſident unſrer königlichen Societät, der es ſich jederzeit ſo thätig angelegen ſeyn läßt, nutzbare Unternehmungen nach allen Kräften zu befördern, die Gewogenheit, meinen Entſchluß dem

Könige ſelbſt vorzulegen. Se. Majeſtät waren auch dem zufolge ſo geneigt, ihn zu billigen, und nach ſeiner gewohnten Freigebigkeit ihn königlich zu unterſtützen.

Ich fieng daher dem zufolge nunmehr an, das gegenwärtige vierzigfüßige Teleſkop zu bearbeiten, welches eigentlich der Gegenſtand dieſer Abhandlung iſt, und ohngefähr zu Ende des Jahrs 1785 geſchahe. Das Holzwerk des Geſtelles, und die Maſchinen, um dem Inſtrumente die erforderlichen Bewegungen mitzutheilen, wurden ſogleich vorgenommen, und ſoviel als möglich beſchleuniget. Bei der ganzen Bearbeitung dieſes Theils wurden indeſſen blos gewöhnliche Arbeiter angewendet, denn ich verfertigte für jeden Theil beſondere Zeichnungen, wodurch denn die Ausführung nothwendig ſehr leicht werden mußte, ſo wie ich denn auch beſtändig Aufſicht hatte, und jedermann ſeine beſtimmte Arbeit anwies; indeſſen belief ſich die Menge der Arbeiter zuweilen auf einmal nicht weniger als gegen vierzig Perſonen.

Während dem nun das Geſtelle des Teleſkops bearbeitet wurde, fieng ich auch zu gleicher Zeit an, den großen Spiegel ſelbſt zu verfertigen, über deſſen Gießen, Schleifen und Poliren ich beſtändige Aufſicht hatte, und ſolchemnach die Arbeit auf dieſe Weiſe weiter keine Unterbrechung erlitte, außer daß ich den ganzen Apparat und die Materialien von Clayrhall, wo ich damals wohnte, bis zu meiner gegenwärtigen Wohnung zu Slough bringen laſſen mußte.

Hier fieng ich denn bald nach meiner Ankunft an, den Grund zu legen, worauf nach und nach das Werk errichtet wurde, ſo wie es gegenwärtig ſteht; und da jetzt der Spiegel ſeine vollkommne Politur erhalten und in das Rohr eingeſetzt worden, ſo ſahe ich zum erſtenmale den 19. Februar im Jahr 1787 durch daſſelbe. Indeſ-

ſen rechne ich das Datum der gänzlichen Vollendung des Inſtruments ſelbſt ungleich ſpäter; denn der erſte Spiegel wurde aus Unachtſamkeit der Perſon, die ihn gegoſſen, in der Mitte hinterwärts ſchwächer, als ich angegeben, weswegen ihm denn auch die erforderliche vollkommen gute Figur nicht gegeben werden konnte. Es wurde daher jetzt ein zweiter Spiegel gegoſſen, welches den 26. Januar 1788 geſchahe, der aber während dem Abkühlen ſprang. Den 16. Februar wurde er mit beſonderer Sorgfalt in Rückſicht der erforderlichen Form hinterwärts nochmals gegoſſen, ſo daß er jetzt den erforderlichen Grad der Stärke vollkommen erlangte. Den 28. Oktober erhielt er ſeine gehörige Form und Politur, ſo daß ich bereits den Planeten Saturn dadurch beobachtete. Indeſſen war ich noch nicht vollkommen damit zufrieden, und arbeitete daran noch bis zum 27. Auguſt 1789, wo ich ihn an Fixſternen verſuchte, von denen ich damit ein vollkommen ſcharfes Bild erlangte. Große Sterne litten indeſſen aber noch ein etwas zerſtreutes Licht, welches von den Riſſen herrührte, deren ſich noch eine beträchtliche Menge darauf befanden.

Als ich nun den 28. Auguſt 1789 das Teleſkop mit dem Saturn parallel geſtellt hatte, ſo entdeckte ich damit den ſechſten Satelliten dieſes Planeten, ſo wie ich denn auch die Flecke auf dem Saturn deutlicher ſahe, als ich je vorher bemerkt hatte, und ich denn ſolchergeſtalt das Datum der Beendigung dieſes vierzigfüßigen Reflektors von dieſer Zeit an rechnen kann.

Beſchreibung des Inſtruments.

Fig. 1. giebt eine Anſicht des Teleſkops in einer mittägigen Lage, wie es erſcheint, wenn man in einer angemeſſenen Entfernung davon gegen Südweſt ſteht.

Der Grund, worauf es ruht, beſteht aus zwei konzentriſchen kreisförmigen Grundmauern von Ziegeln, deren äußere 42 Fuß, die innere 21 Fuß im Durchmeſſer hat, von dem Mittelpunkte der einen Mauer bis zum Mittelpunkte der andern gerechnet. Sie gehen zwei Fuß sechs Zoll tief unter den Boden, unterhalb zwei Fuß drei Zoll breit, und ein Fuß zwei Zoll oberhalb, wo ſie mit ſteinern Platten ohngefähr von 3 Zoll Stärke und 12¾ Zoll Breite bedeckt ſind. Fig. 2. zeigt den Durchſchnitt davon.

Die genaue wagrechte Fläche dieſer Mauern wurde dadurch erhalten, daß man um einen Zapfen im Mittelpunkte dieſer kreisförmigen Mauern einen Balken auf untergelegten Rollen auf dieſen Grundmauern herumführte, indeſſen zu gleicher Zeit vermöge einer über den Rollen geſetzten Weingeiſtwage die genaue horizontale Fläche unterſucht, und dann ſolchergeſtalt jede Ungleichheit, die bemerkt werden konnte, darnach verbeſſert wurde, wo man denn auch nach und nach eine ſo vollkommen horizontale Ebene erlangte, daß der Balken überall darüber weggeführt werden konnte, ohne daß eine Veränderung an der Blaſe der Weingeiſtwage zu bemerken war.

Die Verbindung des Zimmerholzes des Grundwerks Fig. 3., bei deſſen Zuſammenfügung beſonders darauf Rückſicht zu nehmen war, daß man Stärke mit Leichtigkeit verband, geſchah auf folgende Art: drei Hauptbalken AA, BB, CC erſtrecken ſich von Süd gegen Nord, wenn das Teleſkop ſeine mittägige Lage hat. Ihre Länge beträgt 43 Fuß 2 Zoll, ihre Breite 6 Zoll und ihre Dicke gleichfalls 6 Zoll. Die Diſtanzen des Mittelpunkts der zwei äußern iſt 17 Fuß. Ohngefähr 1 Fuß von den Enden derſelben einwärts ſind die Querbalken DD, EE eingezapft, welche zum Grunde der zwei Reihen von Leitern dienen. Dieſe Querbalken ſind 19 Fuß 2 Zoll lang, 12 Zoll breit, und 6 Zoll ſtark, ſo wie denn, um noch mehr Feſtigkeit

zu erhalten, noch zwei FF, GG von gleicher Breite und Dicke gegen die Seiten der erſten eingezapft ſind, welche gleichfalls auf den Balken längſt hin ruhen, allein an den Enden abgerundet ſind, wie man aus der Vorſtellung ſehen kann.

Auf dieſe Art hatte denn der Grund in der Richtung von Süd gegen Nord die vollkommne Feſtigkeit erlangt, allein eben ſo erforderlich war es auch, daß die nämliche Stärke von Oſt gegen Weſt Statt fände. Zu dieſer Abſicht ſind die Querbalken HH, II, KK in der Breite, welche in erſtere, welche der Länge nach liegen, eingezapft ſind. Derjenige, welcher durch den Mittelpunkt geht, iſt 45 Fuß 2 Zoll lang, und 12 Zoll breit, die Dicke deſſelben iſt ſo wie diejenige des ganzen Grundzimmerholzes 6 Zoll. Die andern zwei ſind ohngefähr 39 Fuß 9 Zoll lang, und 6 Zoll breit. Sie ragen über die Grundmauer ohngefähr um 8 Zoll vor, welches beim mittlern Balken 12 Zoll beträgt. Der Nutzen dieſer Querbalken iſt zur Aufnahme von ſechs Trägern an den Enden, da wo die Stellen mit einer Ellipſe bezeichnet ſind; die Tragbalken, welche auf denſelben ſtehen, ſind rund, und gegen die Leitern geneigt, um dieſe in der öſtlichen und weſtlichen Richtung feſte zu halten.

Unter jedem Ende der Hauptbalken bei AA, BB, CC, HH, II, KK liegt eine Rolle, welche auf der äußern Grundmauer ruht, und da die drei letztern dieſer Balken höher als erſtere liegen, ſo mußte dieſerwegen ein Stück von der erforderlichen Dicke unterhalb derſelben an dieſem Ende untergelegt werden, um ſie ſämtlich mit einander gleich zu erhalten. Die Rollen ſelbſt liegen in eiſernen Gabeln, welche ſo in die Balken eingeſchlagen worden ſind, daß ſie die genaue Richtung gegen den Mittelpunkt ihrer Bewegung haben. Sie ſind 8 Zoll lang, und 6 Zoll im Durchmeſſer. Die Einrichtung derjenigen, welche unter den

Balken liegen, die von dem Mittelpunkte kommen, ſieht man Fig. 4. vorgeſtellt; allein diejenigen, welche die Rollen unter den Balken in andern Richtungen tragen, ſind mehr oder weniger excentriſch, wie man Fig. 5. ſieht.

Die ganze Maſchinerie des Holzwerks iſt vermittelſt Schrauben befeſtiget und verbunden, weil Zapfen von jeder Art bei einem Apparate, welcher immerfort der freien Luft ausgeſetzt iſt, in kurzer Zeit vermöge der Näſſe, welche eindringt, wandelbar geworden ſeyn würden. Und um alle mögliche Feſtigkeit zu erlangen, iſt das Querzimmerholz des Geſtelles an allen Orten, wo irgend eine Einzapfung geſchehen, eingelegt, welches bei jedem $\frac{3}{4}$ eines Zolls beträgt, zuſammen alſo $1\frac{1}{2}$ Zoll, ſo daß dadurch das Zimmerholz keine Schwächung erlitten.

Indeſſen würden die zwölf Rollen, deren Stelle angegeben worden, noch keinesweges hinreichend geweſen ſeyn, die Länge der Balken zu tragen, an denen ſie ſich befinden, da der kürzeſte derſelben, wie wir bereits geſehen haben, beinahe 40 Fuß lang iſt. Es wurden daher in der Mitte gegen den Mittelpunkt bei LMNOPQRS noch acht Nebenrollen angebracht, welche gleichfalls dieſes Grundzimmerholz unterſtützen halfen. Sie ſind den erſtern vollkommen gleich und liegen in der Richtung gegen den Zapfen, um welchen dieſes Grundwerk ſich bewegt, auf der innern Grundmauer.

In der Mitte iſt eine ſtarke eichene Pfoſte, welche unterhalb auf einem Geſtelle ruht, womit ſie verbunden iſt, und übrigens noch auf Mauerwerk ſteht, um ihr die erforderliche ſichere Lage zu geben. Die zwei mittlern Balken BB, II kreuzen einander über dieſer Pfoſte, durch welche ein ſtarker eiſerner Stift oder Zapfen in einer Röhre innerhalb der Mitte der Pfoſte geht, um welchen dann das ganze Grundzimmerholz ſich frei als um einen Mittel-

punkt bewegen kann, wenn dieſerwegen die erforderliche Stärke angewendet wird.

So erhielt nun freilich vermittelſt der 20 Rollen und dieſem Träger in der Mitte der Grundrahmen des Geſtelles für das Teleſkop vollkommene Unterſtützung, allein man ſieht demohnerachtet doch leicht ein, daß es zu gleicher Zeit noch erforderlich war, verſchiedene Aerme beizufügen, um jeden Balken in ſeiner gehörigen Lage zu erhalten. Zu dieſer Abſicht ſind die acht Balken aa, bb, cc, dd, ee, ff, gg, hh von der erforderlichen Länge, vier Zoll breit, und ſechs Zoll hoch nahe am Ende der Balken gegen die Seiten derſelben angefügt, welche vermittelſt eiſerner Schienen zuſammen gehalten werden, und wie Fig. 6. gebogen worden ſind. So befindet ſich ein ſolcher z. B. bei a und b Fig. 3. an den Aermen, welcher den Balken H an ſeinem Orte feſthielt, worauf er geſchraubt wird, und ſolchergeſtalt alle drei Theile genau mit einander verbunden werden. Eine geringe Einlaſſung von a und b in H nimmt die Schwere von dem Eiſen weg, und hält die Aerme an ihren Stellen, wenn ſie mit einander befeſtiget worden ſind.

Hierzu kommen noch zwei andre Aerme ii, kk. Ihre Anwendung wird bei der horizontalen Bewegung des Teleſkops deutlich, denn in dieſem Falle, wie man in der Folge vermittelſt des ſtarken mittlern Balkens II ſehen wird, wird die Verbindung des ganzen Rahmen mit dieſem Balken vermittelſt der Theile ii, AA, BB, CC, kk vollkommen gemacht.

Ehe ich aber weiter gehe, und die übrigen Theile des ganzen Werks in dieſer Vorſtellung erkläre, halte ich es für erforderlich, die Einrichtung der Leitern und ihre Verbindung unter ſich näher zu beſchreiben.

Fig. 7. ſtellt die vordere Reihe der Leitern vor. $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ ſind ſechs ſchlanke Hälften von drei ſtarken Latten, oder vielmehr ſchwachen Bäumen, welche in der Mitte entzwei geſchnitten worden. Ehe dieſe Bäume zerſchnitten worden, betrugen ſie unterhalb zwiſchen 11 und 12 Zoll; allein nachdem man ſie durchgeſäget hatte, wurden die Theile vor- und rückwärts flach gemacht, ſo daß ſie jetzt unterwärts 8 Zoll, und oberwärts 5½ Zoll betrugen, indeß die übrige Stärke vollkommen geſchont wurde, ob ſie ſchon vermöge des erforderlichen Abgleichens derſelben auch in dieſer Richtung eine Stärke nur von ohngefähr 5½ und 5 Zoll bekamen.

Die Länge der Leitern beträgt 49 Fuß 2 Zoll, ihre Einrichtung iſt folgende. Die Höhe einer jeden Sproſſe beträgt 9 Zoll, um welche ſie von der untern abſteht; 12 Zoll von dem Boden, wo ſie anfängt, wechſeln zwei runde und eine flache, ſo daß deren 40 runde und 19 flache ſind. An dem Orte der zwanzigſten flachen iſt der Mittelpunkt des Zuſammenſtoßens der vordern und hintern Reihen der Leitern; darüber iſt eine andre flache, welche ſich 16 Zoll oberhalb endiget.

Da das Zimmerholz der Seiten verlaufen zugeht, ſo hat man dieſerwegen auf eine verhältnißmäßige Schwächung der flachen und runden Sproſſen ſehen müſſen, beſonders da ihre Stärke nach Verhältniß der Seiten weit von derjenigen abweicht, als man ſich außerdem bei Errichtung der Leitern bedient. Die flachen und runden Sproſſen ſind alle von dichtem geſpaltenen Engliſchen Eichenholze gemacht.

Die unterſten runden Sproſſen ſind in der Mitte 2 Zoll ſtark, und 1½ Zoll, wo ſie zur Seite eingelegt werden. Bei der 21ſten runden beträgt die Stärke in der Mitte 1¾, zur Seite 1⅜. Gegen die 31ſte runde iſt die

Stärke in der Mitte $1\frac{1}{2}$, und zur Seite $1\frac{1}{8}$, welche Stärke beinahe bis zum Ende fortgeht. Da wo die runden Sproſſen zur Seite der Bäume eingelegt werden, ſind ſie alle abgedrehet und gehen ohngefähr $\frac{1}{8}$ eines Zolls verloren zu, um die Löcher gehörig auszufüllen, welche gleichfalls etwas ſich verlaufen, um ſolchergeſtalt vollkommen genau eingelegt werden zu können.

Die unterſte flache Sproſſe iſt wegen beſonderer Abſicht bei Errichtung der Leitern, wie ich in der Folge näher anführen werde, $4\frac{1}{2}$ Zoll hoch und breit. Die folgenden bis zur zehnten ſind von $3\frac{1}{8}$ bis $1\frac{5}{8}$; von der 11ten bis zur 16ten von $2\frac{3}{8}$ bis $1\frac{1}{4}$, und von der 17ten bis zur letzten $2\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{8}$ Zoll.

Die beiden äußern Reihen der Leitern dienen zum Heraufſteigen in die Gallerie, und enthalten ſowohl runde als flache Sproſſen. Die Entfernung der Seiten, deren flache Theile, wie bei gewöhnlichen Leitern, einander gegenüber ſtehen, beträgt 18 Zoll, welcher Abſtand bis oberhalb der nämliche bleibt. Allein die beiden innern Reihen, welche keine runde Sproſſen haben, werden mit der flachen Seite auswärts geſetzt, und da der Abſtand zwiſchen dieſen Flächen 2 Fuß 8 Zoll bis aufwärts iſt, ſo iſt dadurch der Paralleliſmus dieſer Abtheilungen auswärts beibehalten, indeß derjenige der aufſteigenden Leitern innerhalb fortgeſetzt wird. Die Urſache dieſer Einrichtung iſt, daß die Träger für die bewegliche Gallerie auf den innern Rahmen der Leitern ruhen. Dieſe gehen über 24 Rollen, wie man in der Folge ſehen wird, deren 12 zur Seite der Gallerie liegen, indeß die übrigen 12 ſie tragen, und ſolchemnach der Paralleliſmus in jeder erforderlichen Lage erhalten wird. Die aufſteigenden Leitern ſind innerhalb parallel, damit ein beweglicher Stuhl im erforderlichen Falle, nebſt einer darin ſitzenden Perſon heraufgezogen werden könne, wenn ihr das Steigen zu läſtig werden

ſollte, oder um ſicher zu ſeyn, wenn ſich jemand fürchten ſollte, die Leiter herauf zu ſteigen.

Die hintere Reihe hat die nämliche Einrichtung wie die vordere, nur mit dem Unterſchiede, ohneracht die Leitern einerlei Länge haben, daß ſich in denſelben keine runden Sproſſen befinden. Man hat die flachen in doppelter Rückſicht gewählt, erſtlich daß die Verbindung alles Zimmerholzes zur Seite Feſtigkeit und Stärke erhalte, und zweitens, damit jeder Theil des Geſtelles zugänglich ſey. Denn vermöge dieſer flachen Sproſſen werden deren von 27 Zoll erhalten, worauf noch ziemlich leicht herauf geſtiegen werden kann, wenn es die Umſtände nöthig machen.

Das Verfahren der Verbindung vor- und hinterwärts oberhalb geſchieht dadurch, daß eine Reihe von Leitern durch die andre geht, und ſie einander gleichſam umfaſſen; die hintern, welche auswärts gehen, werden daher etwas weiter von einander geſtellt als die vordern, ſo wie denn einerlei Stifte durch ſie beide bei $\eta\varkappa$ und $\vartheta\iota$ gehen, wo man einen Durchſchnitt der hintern Leitern nebſt den Stiften ſieht, welche durch dieſelben gehen. Die letzte flache Sproſſe wurde in die Leitern eingelegt, nachdem ſie bereits aufgerichtet und gehörig verbunden worden.

Das Verfahren, die Leitern aufzuſetzen, und ſie mit einander zu verbinden, war folgendes.

Nachdem die acht Hauptbalken des Grundwerks ABCDEHIK Fig. 3. zuſammengeſetzt worden waren, ſo wurden die öſtliche vordere Leiter $\delta\varepsilon\zeta$ Fig. 7. nebſt deren hintern $\xi o\pi$, die in der Vorſtellung nicht angegeben worden, und die damit verbunden war, ſeitwärts mit den Enden δ und ξ, den nämlichen Bezeichnungen in Fig. 3. gegenüber, und dem Mittelpunkte ϑ gegen Weſt angelegt. In dieſer Lage wurden denn die Enden gehörig mit den Grundbalken verbunden, daß ſie ſich nicht ſchie-

ben konnten. Der Mittelpunkt ϑ wurde ſodann gegen 10 oder 12 Fuß von dem Boden gehoben, und es wurden Taue an einer Seite der Kreuzung der Leitern bei ι, und an der andern ohngefähr 2 Fuß von dem Boden an einem Baume in gehöriger Entfernung in Oſten befeſtiget. Nachdem man anfangs etwas nachgeholfen hatte, und den Mittelpunkt gehoben, ſo ergrif denn jetzt das Tauwerk die Leitern bald, und zog ſie aufwärts. Man hatte ſich indeſſen mit einem Seile verſehen, um zu verhindern, daß ſie nicht weiter gehen konnten, als in der ſenkrechten Richtung, ſo wie denn, nachdem man alles in dieſer Lage geſichert hatte, das Tauwerk nunmehr an die andre Leiter bei η befeſtiget wurde; allein anſtatt ſich nochmals unſers Baums zu bedienen, wurde dagegen das erforderliche Tauwerk oberhalb der erſten Leiter bei ϑ befeſtiget, auf welche Art denn die zweite ſehr leicht gehoben wurde. Beide Reihen von Leitern ſtanden alſo nunmehr auf dem Boden innerhalb dem Rahmen, und mit den vordern Schenkeln $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ beinahe den nämlichen Bezeichnungen an den vordern Balken gegenüber, indeß die Schenkel der hintern den Buchſtaben $\lambda\mu\nu\xi o\pi$ an dem hintern Balken gegenüber ſtanden.

So fuhren wir nunmehr fort, den mittlern obern Kreuzbalken anzulegen, welcher über den zwei Reihen der Leitern unter dem Winkel liegt, welcher vermöge ihrer Kreuzung unter ſich erfolgt, und man Fig. 7. und Fig. 1. ſieht. Das Verfahren, ihn hier zu erhalten, und den gehörigen Abſtand der Leitern vermöge dieſes Balken zu ſichern, welcher von einer zilindriſchen Form iſt, iſt folgendes: zwölf eiſerne Bänder, nach den Enden der Leitern geformt, mit erforderlichen Aermen, und einer Oefnung am Ende eines jeden Arms wurden an den Enden der Leitern herabgeſchoben, bis zwei und zwei derſelben wie ab Fig. 8. in der Mitte des Querbalkens c zuſammen

ſtießen, welcher ohngefähr 8 Zoll im Durchmeſſer hält. Hier geht ein Nagel mit einer Schraube durch den Balken, und durch die Oefnungen in den beiden Eiſen, wo alsdann alles vollkommen feſte zuſammen geſchraubt wird. Auf dieſe Art finden keine Löcher Statt, welche die verlaufenden Enden der Leitern ſchwächen können, und der mittlere Balken iſt mit jedem derſelben feſte verbunden, ſo daß, wenn ſelbſt die Nägel η und ϑ herausgenommen würden, die Leitern dennoch feſt mit einander verbunden blieben.

Indeſſen ehe die Leitern an den mittlern Querbalken geſchraubt wurden, wurden ſie an ihre Oerter auf den vordern und hintern Grundbalken DD, EE gehoben. Dies geſchahe vermittelſt eines ſtarken Hebels gegen 25 Fuß lang Fig. 9. mit zwei beweglichen eiſernen Griffen am Ende a, b, welche an zwei Orten eingriffen, die von der mittlern Abtheilung der unterſten flachen Sproſſe der Leitern gleich weit entfernt war, welche denn, wie bereits erwähnet worden iſt, hinreichend ſtark gemacht worden, um die ganze Laſt einer Reihe von Leitern zu tragen. So wurden ſie denn eine nach der andern an ihre gehörige Stellen gehoben und unterſtützt, bis ſie an ihren untern Enden gehörig zubereitet, und auf die nämliche Art zu der erforderlichen parallelen Lage gebracht wurden: dieſe Art von Hebel verſchafte die Mittel, der Laſt, die ſie trägt, eine gewiſſe geringe Bewegung nicht blos um den Zapfen c, ſondern auch auf der Unterlage de zu geben, welche unterwärts abgerundet iſt.

Nachdem nun ſolchergeſtalt die Leitern an ihre Stellen gehörig geſetzt worden, ſo war nunmehr unſre erſte Bemühung, ſie unmittelbar vermittelſt zweier Seitenarme zu unterſtützen. Dieſe beſtehen aus zwei ganzen Maſten, beinahe von den nämlichen Dimenſionen mit denjenigen, welche durchgeſäget wurden, um die Leitern daraus zu

erhalten: das obere Ende eines jeden wurde mit einer eiſernen Vorrichtung a, zwei Klauen bc und dem Ringe d verſehen, welche daran mit Nägeln c, f befeſtiget wurden, wie Fig. 10. vorgeſtellt worden. Nachdem die Latten heraufgezogen worden, wurde dieſe Vorrichtung an die mittlern Stifte ιϰ Fig. 7. gelegt und befeſtiget, indeß die untern Enden der Latten an ihre Orte auf den Grundbalken II Fig. 3. gelegt und in die elliptiſchen Zeichen an den Enden derſelben bei 1, 2 eingerichtet wurden.

Ehe die Leitern und Seitenfaſſungen befeſtiget wurden, wurde eine Schnure mit einem Gewichte von einem Zentner in ein Gefäße mit Waſſer getaucht und gegen die Mitte bei ϑ gehangen; man nahm darauf von einer beträchtlichen Entfernung Rückſicht, und ſtellte darnach die flache Seite der Leiter δϑ. Der untere Theil eines jeden Endes der Latten und Leitern wurde denn ſolchemnach vermöge dieſes Bleiloths gerichtet, und ſodann vermittelſt Schienen und Nägel befeſtiget, wie Fig. 11. vorgeſtellt worden iſt. Der obere mittlere Kreuzbalken wurde nunmehr gleichfalls an die Vorragungen am Ende der Leitern geſchraubt, ſo wie alles dieſerwegen, nach dem als bereits erwähnet vorden iſt Fig. 8., zubereitet worden.

Nachdem nunmehr der beſonders weſentliche Theil des Geſtelles errichtet worden war, ſo fuhren wir jetzt fort, vollends alles mit einander zu verbinden. Zu dem Ende wurden vier kleine Leitern ohne runde Sproſſen, 22 Fuß 9 Zoll lang zubereitet, und ſo aufgerichtet, daß ſie die größern bis zur Hälfte unterſtützen halfen; jede derſelben beſteht aus drei halben Latten, welche ſo wie die großen einerlei Abſtand von einander haben, ſo wie denn auch ihre Flächen ſo wie jene gelegt worden. Ihre Verbindung mit den erſtern geſchieht um die zehnte flache Sproſſe oberhalb, unterhalb aber ruhen ſie auf dem mittlern Grundbalken Fig. 3. bei 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,

14, 15, 16, 17, 18. Sowohl ober= als unterhalb ſind ſie mit flachen eiſernen Winkeln wie Fig. 12 angeſchraubt, deren Lage man aus Fig. 1. ſehen kann.

Noch wurden vier ſchwächere Latten beigefügt, welche die Leitern zur Seite unterſtützen halfen. Sie ſtehen auf den Balken HH, KK bei 3, 4, 5, 6, und ſind an den Leitern bei der zehnten flachen Sproſſe, oder gegen die Hälfte herauf befeſtiget. Am obern Ende iſt ein Beſchlag von Eiſen wie Fig. 10, durch deſſen Vorſprung ein Nagel geht, wodurch er zu gleicher Zeit mit dem dreiſchenklichen Beſchlage, den ich ferner beſchreiben werde, an den Leitern verbunden wird. Das untere Ende iſt mit dem Balken verbunden, wie man Fig. 11. ſieht.

Außerdem werden noch die zwei langen Latten zur Seite, jede vermittelſt zwei kleinern Latten unterſtützt, womit ſie ſich ohngefähr um drei Viertheile ihrer Länge von unten auf verbinden, welches um die Höhe iſt, die der fünften und zehnten flachen Sproſſe der Leitern gegenüber ſteht. Dieſe Latten, welche ſich mit den großen ohngefähr um die Mitte verbinden, ſtehen mit ihren untern Enden auf dem mittlern Balken bei 19 und 20, und die kürzeſten bei 21 und 22. Sie ſind ein weſentliches Hülfsmittel in Rückſicht der Feſtigkeit des Geſtelles oſt= und weſtwärts, oder in der Seitenrichtung: unterhalb ſind ſie gleichfalls durch Nägel wie Fig. 11 befeſtiget, und oberhalb durch einen Beſchlag wie Fig. 10. Auch ſind ſie Fig. 1. vorgeſtellt.

Die Beſchläge, welche wir noch zu beſchreiben haben, ſind diejenigen an den Seiten der Leitern, welche, wie man Fig. 13. ſieht, ſehr einfach ſind, ſo daß die bloße Vorſtellung an ſich ſchon hinreichend ſeyn wird. Die Breite der horizontalen Theile iſt 6 Zoll bis 3½; diejenigen aber, welche mit den Leitern parallel laufen, und

keinen andern Entzweck haben, als alles genau an den erforderlichen Stellen zu verbinden, ſo daß ſie blos eingelegt werden, ſind nur $3\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$.

Außer dieſen giebt es noch dreierlei Faſſungen, welche zur Verbindung der Latten an ihren gehörigen Stellen dienen. Die oberſte trift die Seitenfaſſung von Fig. 13, um die 15te flache Sproſſe. Die nächſte ſteht gegen die mittlere Faſſung um die 10te flache Sproſſe, und beide machen mit den hier erwähnten Seitenfaſſungen ein Dreieck, in deſſen Scheitel die große Latte ſich befindet, welche damit verbunden wird. Um die fünfte flache Sproſſe befindet ſich endlich noch eine Faſſung, welche die zwei kleinen Latten ſowohl, als die große aufnimmt, und mit vier Abtheilungen herumgeführt wird. Um die große Latte durch ſo viele Löcher nicht zu ſchwächen, hat man ſich dieſerwegen der doppelten eiſernen Faſſung abcd Fig. 14. bedient; und die kleinen Latten als Träger, welche auf 19, 20, 21 und 22 Fig. 2 ruhen, werden zu gleicher vermittelſt eines einzelnen Nagels mit der Schraube ef verbunden, welcher durch den Vorſtand ghi geht, der ſich am Ende daran befindet, desgleichen durch die Bänder, welche die Faſſungen an der großen Latte halten, wie man Fig. 1. ſieht.

Der hintere Theil der Leitern iſt durch ein großes Kreuz ab, cd von der zehnten flachen Sproſſe bis zu den mittlern Faſſungen, und durch zwei horizontale Theile ef, gh verbunden, wie man an der verkleinerten Vorſtellung Fig. 15. ſieht. Das Kreuz iſt an 12 Stellen mit den Leitern, und die horizontalen Theile, jeder an ſechs Stellen verbunden. Die Größe dieſer Faſſungen iſt 6 Zoll bis 4; allein der niedrigſte horizontale Balken, welcher als Aufhängungspunkt dient, um den Spiegel in und aus dem Rohre zu heben, iſt $6\frac{1}{2}$ Zoll bis $5\frac{1}{2}$; auch ſind die Nägel, wodurch die Verbindung mit den Leitern geſchieht, von der erforderlichen Stärke.

Die vordere Seite der Leitern, wie man ſieht, kann keine Faſſung haben, und iſt daher auch, um das Rohr des Teleſkops einzulegen, vollkommen offen. Indeſſen erhält es doch einige Verbindung von der beweglichen Gallerie, welche jederzeit vorwärts an demjenigen Orte querüber hängt, wo die Beobachtungen geſchehen ſollen.

Dieſe Gallerie iſt nunmehr das nächſte, was ich jetzt beſchreiben muß. Sie beſteht aus drei beſondern Theilen: zwei doppelten Seitenträgern nebſt einem ſchmalen Boden auf denſelben, und dem mitlern Gange. Alle dieſe Theile werden, ſo wie ſie mit einander verbunden werden, vorwärts vermittelſt eines hölzernen Geländers eingefaßt, einwärts aber durch leichte eiſerne bedeckte Stangen. Jeder dieſer Träger, auf denen die Gallerie ruht, beſteht aus drei Theilen; einem Parallelogram unterhalb nebſt zwei dreieckigen Seitenſtücken, die auf erſtern ſtehen, und vermittelſt eines ſchmalen Bodens oberhalb zuſammen gehalten werden. Fig. 16. ſtellt den untern Rahmen vor. Die Länge ag beträgt 8 Fuß 10 Zoll, und die Breite gh 2 Fuß 8 Zoll. Er iſt von gelben Tannenholze 4 Zoll breit, und 2 Zoll ſtark gemacht. Sechs meſſingene Rollen in eiſernen Lagern, wie Fig. 17 vorgeſtellt worden iſt, werden vermittelſt zweier Nägel mit Schrauben unter dem Rahmen Fig. 16. bei cdefgh angeſchraubt, ſo daß wenn dieſer Rahmen nunmehr an die Vorderſeite der Leitern bei $\beta\gamma$ oder $\delta\varepsilon$ Fig. 3. gelegt wird, die 6 Rollen in der Richtung m Fig. 17. den Rahmen halten werden, indeß die andern ſechſe in der Richtung l da ſie an den flachen Seiten der Leitern anliegen, die, wie ich auch bereits angegeben habe, zu dieſer Abſicht auswärts gekehrt worden, den Rahmen ſo halten, daß er nicht ſeitwärts ausgleiten kann, während dem er an den Leitern auf- und abgezogen wird.

Zwei ſolche Dreiecke, wie ſie Fig. 18. vorgeſtellet worden ſind, wozu das Holzwerk $3\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ Zoll iſt, wer-

den an dem Rahmen Fig. 16. befeſtiget, das eine mit der Seite np auf cg, das andre auf dh. Dieſe oberhalb mit dem Boden verbunden und auf die Träger qrs desjenigen, als hier vorgeſtellt iſt, und ſo an das gleiche Dreieck, welches auf dh liegt, angeſchraubt, machen dieſe doppelten Träger.

Auf den Boden wird ſodann das Geländer befeſtiget, welches bei t, 19 Zoll von q anfängt, um die Ecke bei s, und ſo fort bis zum mittlern Bogen der Gallerie geht. Das Geländer über trs erhält vermittelſt eines Sitzes, welcher an daſſelbe angebracht worden, und unterwärts durch ſchwache eiſerne Stangen die erforderliche Feſtigkeit.

Der andre doppelte Träger, nebſt dem Boden, dem Geländer und dem Sitze, der rechter Hand an der Vorderfläche der Leitern liegt, iſt in jeder Rückſicht mit demjenigen linker Hand einerlei, ausgenommen, daß hier der Eingang rechter Hand iſt, wie er bei dem erſtern zur Linken iſt.

Die ganze Gallerie, deren Boden Fig. 19. vorgeſtellt worden iſt, nimmt einen Raum von 13 Fuß 6 Zoll und 6 Fuß 1½ Zoll Breite ein; der mittlere Boden iſt ausgeſchnitten, um hinreichenden Raum für das Rohr zu erhalten, wenn es bei großen Höhen vorwärts kommt. Bei ac und bd iſt er 4 Fuß 3 Zoll, allein bei ef und gh, ein Raum von 4 Fuß 10 Zoll lang, iſt er blos 2 Fuß tief. Die Vorderſeite cfhd enthält das Geländer, welches ſich mit demjenigen des linken Trägers trsc bei e und gleichfalls mit demjenigen des rechten bei dik verbindet. Dieſes Geländer iſt 3 Fuß 2 Zoll hoch. Die ſchwachen eiſernen Stangen an der innern Seite gehen längs dem Rande laegbm hin, und ſind blos zwei Fuß 3½ Zoll hoch.

Da die Haupterforderniß bei dieſer Gallerie darin beſteht, um ſie zu irgend einer verlangten Höhe aufwärts zu ziehen, ſo war es nöthig, die beiden doppelten Träger und den mittlern Boden auf eine ſolche Art mit einander zu verbinden, daß der untere Boden einerlei ebene Fläche erhielt, wenn etwa auch eine ungleiche Bewegung der Träger zu beiden Seiten geſchehen ſollte. In dieſer Rückſicht bediente man ſich des folgenden Verfahrens, um alle Theile gehörig mit einander zu verbinden. Die punktirten Linien 1 2 u. ſ. zeigen den Ort der Querbalken, welche den Boden tragen. An den Enden 1, 2, 5, 6, 7, 8 dieſer Querbalken befinden ſich ſechs eiſerne Haken, wie einer derſelben Fig. 26. vorgeſtellt worden iſt, wodurch Nägel gehen, die am Ende no unterhalb der Querbalken verſchraubt ſind, ſodann aufwärts bis p gehen, und bei q umgebogen ſind. Sie werden in ſechs Oefnungen zur Seite der Träger eingelegt, deren an jedem dreie ſind, und laſſen einen Raum von ohngefähr ¼ eines Zolls zwiſchen den zwei Trägern und dem mittlern Boden, ſo daß an der ebenen Fläche der drei Theile die Unregelmäßigkeit äußerſt geringe iſt, und auf keinen einen Einfluß hat. Die Haken werden in den Boden zur Seite ſo eingelegt, daß ſie damit eben liegen, und gehen über die innere Seite der Dreiecke Fig. 18. welche wegen mehrer Stärke, und um durch Anreibung nicht zu leiden, mit einer eiſernen Platte einwärts ihrer ganzen Länge nach belegt ſind.

Das ſchwache Eiſenwerk, welches die Stangen einwärts verbindet, und längs laebga Fig. 19. hinläuft, iſt am Boden bei la und mb beweglich, wo es unterwärts einen Vorſprung macht, und ſo auf dieſe Art zum Theil eine andre Lage erhalten kann.

Die Einrichtung, um das vordere und Seitengeländer beweglich mit einander zu verbinden, geſchieht vermittelſt einer Stange vorwärts. Dieſe wird an Stifte am

Ende des Eiſenwerks angeſchoben, was zu den Seiten gehört, und eine Oefnung an jedem Ende der Stange, welche mit einer eiſernen Platte von ohngefähr 2 Zoll Länge beſchlagen worden, wodurch die Stifte gehen, macht, daß die Stange nach jeder Richtung gezogen werden kann. Außerdem ſind noch an den Enden des Eiſenwerks, das am Boden befeſtiget iſt, zwei eiſerne Haken, die ob ſie ſchon das Eiſenwerk mit der vordern Stange verbinden, doch eine Bewegung auf- und abwärts zulaſſen, ſo wie etwa die Umſtände es erforderlich machen. Auf dieſe Art wird denn eine Abweichung von der ebenen Fläche, die ohngefähr 6 bis 8 Zoll beträgt, auf das Holzwerk keinen großen Einfluß haben. Die größte Sicherheit gegen jede ähnliche Unordnung in dem Boden werde ich indeſſen in der Folge näher beſtimmen, wenn ich von dem Mechanismus reden werde, wodurch er die Bewegung erhält.

Auch befindet ſich hiebei eine kleine Treppe, um zur Gallerie zu gelangen, ohne genöthiget zu ſeyn, auf der Leiter hinauf zu ſteigen, die, da ſie ſtark genug iſt, eine Geſellſchaft von verſchiedenen Perſonen zu tragen, und ſo in der Folge bis zu irgend einer verlangten Höhe aufwärts gezogen werden kann, ſo laſſen ſich ſolchemnach die Beobachtungen mit ſehr viel Bequemlichkeit anſtellen: obſchon freilich die Arbeiten eines Aſtronomen dieſe Nachgiebigkeit nur ſelten zulaſſen können. Eben dieſe große Leichtigkeit, mit welcher ich die Leitern hinaufſteige, hat denn auch verhindert, daß ich den entworfenen Zugſtuhl nicht zur Ausführung gebracht habe, indeſſen kann er leicht beigefügt werden, um einzelne Perſonen in die Gallerie zu bringen, nachdem dieſe bereits bis zu dem verlangten Ort hinaufgezogen worden iſt. Die bloße Anſicht der Treppe Fig. 1. wird hinreichend ſeyn, um ihre Bauart deutlich einzuſehen. Ich muß nur noch anmerken, daß in der Vorſtellung die Gallerie höher ſteht, als wo ſie ſich eigent-

ſich mit der Treppe verbindet, geſchieht es aber abſichtlich, ſo ſteht ſie genau um eine Stufe ab, und das Geländer derſelben verbindet ſich alsdenn mit dem Geländer der letztern.

Nunmehr will ich das Rohr des Teleſkops beſchreiben. So einfach dieſes indeſſen auch ſeiner Form nach iſt, die ganz in einem Zilinder beſteht, ſo fanden ſich doch bei deſſen Errichtung viele Schwierigkeiten. Dies wird auch in der That niemanden befremden, welcher die Größe des Rohrs ſowohl als die Materialien näher bedenkt, woraus es verfertiget wurde.

Seine Länge beträgt 39 Fuß 4 Zoll, ſein Durchmeſſer 4 Fuß 10 Zoll, und iſt ganz von Eiſen. Wenn man nur obenhin eine Berechnung anſtellt, ſo wird man finden, daß die Laſt eines Rohrs von Holze ein ähnliches von Eiſen wenigſtens über 3000 Pfund mehr betragen hätte, indeß die Haltbarkeit deſſelben einem von Eiſen keineswegs gleich gekommen wäre.

Der Körper des Rohrs beſteht aus gerollten oder Blecheiſen, welches durch Vernietungen vermöge einer Art von Einlegung verbunden worden, und dem ähnlich iſt, wie ſonſt gewöhnlich eiſerne Röhren oder Oefen gemacht werden. Fig. 21, iſt eine Vorſtellung davon, wo zwei Eiſenbleche bei ab etwas offen gelaſſen worden, um die Art der Verbindung näher zu zeigen, die, ſo wie ſie dicht an einander gehämmert worden, eine beinahe gleiche Oberfläche macht: auf dieſe Art wurde die ganze äußere Seite ihrer Länge und Breite nach zuſammengeſetzt, ſo daß alles eine Platte von beinahe 40 Fuß Länge und 15 Fuß 4 Zoll Breite ausmachte. Das Werkzeug, die Formen und Maſchinen, welche zu Errichtung dieſes Rohrs erforlich waren, betrugen eine große Menge. So hatte man z. B. bei Verfertigung dieſer großen Platte eine Art von Tafel nöthig, worauf ſie gelegt werden mußte, die endlich

nach und nach, ſo wie immer mehrere Bleche angeſetzt wurden, eine ſolche Größe erlangte als die Platte ſelbſt hatte. So brauchte man ferner zur Verbindung der Bleche an einander Krampeiſen, flache Stangen, Werkzeuge zum Einlegen und gewiſſe Arten von Zangen, dergleichen Fig. 22. 23. 24. 25 und 26 vorgeſtellt worden ſind, und in beträchtlicher Menge vorräthig ſeyn mußten, um die Theile, welche zuſammengefügt werden ſollten, an einander zu halten, und ihnen die erforderliche Richtung zu geben. Die einzeln Bleche, aus denen dieſe große Platte zuſammengeſetzt wurde, waren 3 Fuß 10 Zoll lang, und ohngefähr 23½ Zoll breit. Ihre Stärke betrug etwas weniger als den 36ſten Theil eines Zolls; oder um ein genaueres Maaß davon anzugeben, ein Quadratfuß derſelben wog gegen 14 Unzen. Ihre Verbindung mit einander geſchahe ſo, daß in der Mitte eines derſelben die Verbindung der zwei folgenden Statt hatte, ſo wie es der Fall bei einer Ziegelmauer iſt, wo die Verbindungen ober- und unterhalb des zwiſchenliegenden Ziegels ſich kreuzen.

So wie nunmehr die ganze Platte fertig war, welches in einer Scheuer geſchahe, die nahe an meine Wohnung ſtieß, wurden die Seiten vollkommen parallel abgeſchnitten, und ſodann an den Enden in entgegengeſetzten Richtungen wie Fig. 21. gebogen, um ſolchergeſtalt in einander eingelegt zu werden, welche ſodann vermittelſt breiter Haken, um vollkommen die Seiten der Bleche zu faſſen, und die mit einem Ohre an dem andern Ende, wodurch Seile gezogen wurden, und Fig. 22 vorgeſtellt iſt, vermittelſt dem erforderlichen Tauwerke angezogen wurden.

Zwölf Kloben wurden ohngefähr 11 Fuß hoch an beweglichen Latten befeſtiget, welche zuſammengezogen werden konnten, deren ſechſe zu jeder Seite waren. So wurde denn die Blechtafel nunmehr aufgehoben, während dem alle mit Seilen verſehene Haken zu gleicher Zeit ange-

lich mit der Treppe verbindet, geſchieht es aber abſichtlich, ſo ſteht ſie genau um eine Stufe ab, und das Geländer derſelben verbindet ſich alsdenn mit dem Geländer der letztern.

Nunmehr will ich das Rohr des Teleſkops beſchreiben. So einfach dieſes indeſſen auch ſeiner Form nach iſt, die ganz in einem Zilinder beſteht, ſo fanden ſich doch bei deſſen Errichtung viele Schwierigkeiten. Dies wird auch in der That niemanden befremden, welcher die Größe des Rohrs ſowohl als die Materialien näher bedenkt, woraus es verfertiget wurde.

Seine Länge beträgt 39 Fuß 4 Zoll, ſein Durchmeſſer 4 Fuß 10 Zoll, und iſt ganz von Eiſen. Wenn man nur obenhin eine Berechnung anſtellt, ſo wird man finden, daß die Laſt eines Rohrs von Holze ein ähnliches von Eiſen wenigſtens über 3000 Pfund mehr betragen hätte, indeß die Haltbarkeit deſſelben einem von Eiſen keinesweges gleich gekommen wäre.

Der Körper des Rohrs beſteht aus gerollten oder Blecheiſen, welches durch Vernietungen vermöge einer Art von Einlegung verbunden worden, und dem ähnlich iſt, wie ſonſt gewöhnlich eiſerne Röhren oder Oefen gemacht werden. Fig. 21. iſt eine Vorſtellung davon, wo zwei Eiſenbleche bei ab etwas offen gelaſſen worden, um die Art der Verbindung näher zu zeigen, die, ſo wie ſie dicht an einander gehämmert worden, eine beinahe gleiche Oberfläche macht: auf dieſe Art wurde die ganze äußere Seite ihrer Länge und Breite nach zuſammengeſetzt, ſo daß alles eine Platte von beinahe 40 Fuß Länge und 15 Fuß 4 Zoll Breite ausmachte. Das Werkzeug, die Formen und Maſchinen, welche zu Errichtung dieſes Rohrs erforlich waren, betrugen eine große Menge. So hatte man z. B. bei Verfertigung dieſer großen Platte eine Art von Tafel nöthig, worauf ſie gelegt werden mußte, die endlich

nach und nach, ſo wie immer mehrere Bleche angeſetzt wurden, eine ſolche Größe erlangte als die Platte ſelbſt hatte. So brauchte man ferner zur Verbindung der Bleche an einander Krampeiſen, flache Stangen, Werkzeuge zum Einlegen und gewiſſe Arten von Zangen, dergleichen Fig. 22. 23. 24. 25 und 26 vorgeſtellt worden ſind, und in beträchtlicher Menge vorräthig ſeyn mußten, um die Theile, welche zuſammengefügt werden ſollten, an einander zu halten, und ihnen die erforderliche Richtung zu geben. Die einzeln Bleche, aus denen dieſe große Platte zuſammengeſetzt wurde, waren 3 Fuß 10 Zoll lang, und ohngefähr 23½ Zoll breit. Ihre Stärke betrug etwas weniger als den 36ſten Theil eines Zolls; oder um ein genaueres Maaß davon anzugeben, ein Quadratfuß derſelben wog gegen 14 Unzen. Ihre Verbindung mit einander geſchahe ſo, daß in der Mitte eines derſelben die Verbindung der zwei folgenden Statt hatte, ſo wie es der Fall bei einer Ziegelmauer iſt, wo die Verbindungen ober- und unterhalb des zwiſchenliegenden Ziegels ſich kreuzen.

So wie nunmehr die ganze Platte fertig war, welches in einer Scheuer geſchahe, die nahe an meine Wohnung ſtieß, wurden die Seiten vollkommen parallel abgeſchnitten, und ſodann an den Enden in entgegengeſetzten Richtungen wie Fig. 21. gebogen, um ſolchergeſtalt in einander eingelegt zu werden, welche ſodann vermittelſt breiter Haken, um vollkommen die Seiten der Bleche zu faſſen, und die mit einem Ohre an dem andern Ende, wodurch Seile gezogen wurden, und Fig. 22 vorgeſtellt iſt, vermittelſt dem erforderlichen Tauwerke angezogen wurden.

Zwölf Kloben wurden ohngefähr 11 Fuß hoch an beweglichen Latten befeſtiget, welche zuſammengezogen werden konnten, deren ſechſe zu jeder Seite waren. So wurde denn die Blechtafel nunmehr aufgehoben, während dem alle mit Seilen verſehene Haken zu gleicher Zeit ange-

zogen wurden, und ſo wie ſie jetzt frei hieng, die Tafel aus einander genommen wurde, ſtatt deren man jetzt eine andre Art von Unterlage unter das mittlere Blech anbrachte. Dieſe Unterlage war eine Art eines hohlen Segments, oder der vierte Theil eines Zilinders, der Länge nach durchſchnitten, und an der Länge etwas mehr als eigentlich das Rohr betrug; die Konkavität deſſelben war ganz nach dem Radius, als das Rohr hatte.

So ruhete dann das Blech, welches jetzt niedergelaſſen wurde, ganz auf dieſer hohlen Rinne, oder der erwähnten Maſchine, die darunter geſetzt wurde. Ferner wurden ſechs bewegliche Segmente eines ganzen Zilinders, oder kreisförmige Bögen von 3 Fuß Weite, die man bereits vorräthig hatte, unter das Blech gelegt, und unter gehörigen Entfernungen von einander geſtellt, vermöge welcher denn das Blech auf den Grund gedrückt wird, ſo daß, während dem man darauf ging, kein Schade erfolgen konnte. Die Latten, woran die Kloben ſich befanden, wurden nunmehr dichte gegen einander gebracht, worauf die Rollen der einen an die Haken der andern Latte gehangen wurden, und auf dieſe Art die Seile, welche das Blech hielten, ſich kreuzten. Während dem ließ man auf einmal nur ein Seil nach, indem die übrigen noch im Stande waren, das Ganze zu halten.

Die Latten wurden nunmehr wieder weggenommen, und die Haken, ſo wie die Schnuren ſich kreuzten, zogen die beiden Seiten des Blechs zuſammen.

Ich muß hier noch anmerken, daß die kreisförmigen innern Träger, welche den Maſchinen gleich ſind, auf denen Bögen von Ziegeln errichtet werden, wie Fig. 27. in der Mitte getheilt wurden, ſo daß, indem ein Theil des Umkreiſes übergangen wurde, und indeß die Zuſammenfügung geſchahe, das ganze Rohr davon nicht ausgefüllt wurde. Vier lange Keile abcd in entgegengeſetzten Richtungen

wurden nunmehr zwei und zwei in die Fuge ef, gh, ſo wie hinterwärts eingetrieben, wodurch denn, ſo wie dies gleichförmig erfolgte, die obere Hälfte der Bögen ſolchergeſtalt angezogen, und ſo das ganze Rohr auf dieſe Art ausgefüllt wurde.

Nachdem nun ſolchergeſtalt alles gehörig vorgerichtet, und die Bögen niedergelaſſen worden, ſo brachte man denn allmählig die zwei Seiten des Blechs endlich dahin, daß ſie ganz in einander griffen, worauf man die Keile innerhalb den Bögen nach und nach antrieb, bis endlich unter gehöriger Sorgfalt, und bei nicht geringer Mühe die zwei Seiten vollkommen in einander griffen, und vermöge der angezogenen innern Bögen feſte gehalten wurden.

Ein andrer kreisförmiger Bogen, rund herum mit Bretern belegt und gehörig abgerundet, ohngefähr von einer Länge von 2 Fuß 2 Zoll, hatte einen leeren Raum oberhalb, in welchen die eiſernen Fügungsſtangen Fig. 23. zum Zuſammenfügen, und Fig. 24. zu Schließung der langen Fuge der beiden Seiten eingelegt werden konnten. Auch hatte dieſer Bogen Schlichteiſen zum Auftreiben, welche zu gleicher Zeit, ſo wie die Fuge gehörig geſchloſſen war, dazu dienten, um die ganze Tafel rings herum an der Außenſeite mit Hämmern anzutreiben, und ſo jede zufällige Buckel wegzunehmen, welche etwa während der übrigen Behandlung Statt gefunden haben dürfte.

Der nämliche Bogen, ſo wie ein Theil des Rohrs vollendet worden, wurde jetzt weiter fortgeſchoben, und auf dieſe Art das ganze Rohr nach und nach vollendet.

Die Theorie, worauf die Stärke eines ſo ſchwachen Zilinders von Eiſen ſich gründet, iſt, daß die Seiten deſſelben ihn tragen müſſen, vorausgeſetzt, daß die zilindriſche Form des Rohrs beibehalten werden kann.

Dies zu erreichen, ſchien mir folgende Einrichtung beſonders angemeſſen zu ſeyn. Ich fand nämlich durch verſchiedene Verſuche, daß ein Eiſenblech, etwas ſtärker, als zu dem Rohre genommen worden, und bis zu einem Winkel von 40 Grad wie Fig. 28. gebogen, ſodann leicht die kreisförmige Figur wie Fig. 29. anzunehmen im Stande war. Am tiefſten, ſo wie ich der Abſicht beſonders angemeſſen glaubte, als dieſe Biegung geſchehen konnte, war, wenn die Seiten ab ohngefähr 2½ Zoll breit abſtanden. Sie erhielten dieſe Geſtalt rothglühend über einem konkaven Werkzeuge, welches die erforderliche Krümmung und Winkel hatte. Die Theile hatten die erforderliche Länge, um den vierten Theil eines Kreiſes zu halten, außerdem daß zum Zuſammenfügen noch der erforderliche Vorſtand übrig blieb.

Vor der Zuſammenfügung erhielten die Seiten noch eine andre Biegung wie Fig. 30., welche vermittelſt eines Werkzeugs von der erforderlichen Konvexität geſchahe. Man bearbeitete jetzt einen Hintertheil von einem eiſernen Streifen, welcher zu beiden Seiten umgewendet, und wie Fig. 31. in einen Kreis gebogen worden. Nachdem nun endlich die vier Quadranten zuſammengefügt, und ein Hintertheil darum gelegt worden, wurde alles gehörig mit einander verbunden, ſo daß es einer hohlen dreiecki gen Stange ähnlich war, die in einen Ring nach dem erforderlichen Durchmeſſer gebogen worden, um gedrange in das Rohr zu paſſen, es ausgedehnt erhielt, und ihm die zilindriſche Form gab. Einen Durchſchnitt des Ringes nebſt der Verbindung unterhalb, ſo wie ſie noch nicht zuſammen getrieben worden, um eine deutlichere Vorſtellung zu haben, ſieht man Fig. 32.

Einer von dieſen Ringen wurde in die Mitte eines jeden der Bleche gelegt, die denn ohngefähr 23 Zoll von einander entfernt ſtanden. Sie wurden ſeitwärts einge-

legt, und nachher an die erforderlichen Stellen mit Gewalt eingetrieben. Um ſie einzulegen, ſo wie dieſes bei allen von einer Seite geſchehen mußte, legte man innerhalb der kreisförmigen Bögen eine Art von Pfropf wie Fig. 33. welche denn nach und nach weggenommen werden konnten, und bei ab enge genug waren, um die Reifen einzulegen, wo denn, ſo wie der Ring an der erforderlichen Stelle war, es weiter keine Unterſtützung bedurfte.

Auf dieſe Art ſicherten wir die zilindriſche Form des Rohrs, worauf wir, ſo wie dieſes vollkommen in Stand geſetzt worden, innerhalb und außerhalb alles wegnahmen, und es ſowohl von außen als von innen dreimal nach einander anſtrichen, um es gegen die feuchte Luft zu ſichern, der es nunmehr ganz ausgeſetzt bleiben mußte.

Da das Rohr jetzt noch ungleich leichter war, als es in der Folge werden durfte, ſo brachten wir es auf folgende Art in meinen Garten. Eine Menge kurzer Latten, jede ohngefähr 5 Fuß lang, wurden zwei und zwei mit einem Stücke roher Leinwand, dergleichen man zu Säcken braucht und ohngefähr 7 Fuß lang mit einander verbunden. Dieſe wurde denn in der Mitte befeſtiget, ſo daß an jedem Ende ein Theil der Latte frei blieb, wo ſie von den Arbeitern angefaßt werden konnte. Nachdem nun ſolchergeſtalt die Leinwand der einen unter das Rohr gelegt worden, ſo legte man eine Latte zu jeder Seite, ſo daß vier Männer, welche an dem Ende der Latten angriffen, beim Tragen des Rohrs Beihülfe leiſten konnten. Als nun ſolchergeſtalt ſechs Paar Latten unter das Rohr geſchoben worden waren, ſo konnte es denn vermittelſt 24 Perſonen leicht gehoben werden, welche es jetzt durch eine Oefnung trugen, die wir an dem einen Ende der Scheuer gemacht hatten, und nachdem ich gleichfalls einen Theil der Umzäunung meines Gartens nebſt einigen Bäumen, die im Wege ſtanden, wegnehmen laſſen, ſo gelangte es

ſolchergeſtalt glücklich auf einen Grasplatz, wo bereits ein eigner Apparat von kreisförmigen Blöcken gelegt worden, worauf es jetzt geſtellt wurde. Während dem machte man nunmehr alle Vorkehrungen, um es an ſeinen Standort zu bringen, und ihm die horizontale Lage zu geben.

Ich kehre nunmehr zu dem übrigen Theil der Maſchinerie, welche während dem bereits ſehr viel vorgerückt war.

Zwei dichte hohle Rollen von gegoſſenem Eiſen 6½ Zoll breit, und 10 Zoll im Durchmeſſer, wurden auf eine Axe oder eiſerne Stange 2½ Zoll ins Gevierte geſetzt; die Axe wurde in der Mitte ausgetrieben, um einen Zapfen von 2¼ Zoll ſtark zuzulaſſen, ohne von der Oefnung geſchwächt zu werden. Hierauf wurde an dem hintern Ende das Rohr gehoben, und da eben hier der Spiegel liegt, ſo war beſonders Stärke erforderlich, um ihn feſte zu unterſtützen, ſo wie nicht weniger eine genaue Verbindung dieſes ſtarken Theils mit der Länge des Rohrs nöthig war. Ebenfalls wird auch hier der Spiegel eingelegt, und iſt das Teleſkop im Gebrauche, ſo wird der Deckel des Spiegels weggenommen, nachher aber wieder ein andrer angelegt, in welcher Rückſicht denn für eine Thüre oder Oefnung geſorgt werden mußte. Auch erforderte die Kollimationslinie des Spiegels eine Einrichtung an dieſem Ende des Rohrs, ſo wie ferner eine kleine Seitenbewegung auf dem Zapfen der Axe nöthig iſt, welche nicht nur vollkommen ſanft, ſondern auch feſt ſeyn muß. Alles dieſes wurde auf folgende Art ausgeführt,

Fig. 34. ſtellt den hintern Theil des Rohrs vor, welcher vermöge ſechs eiſerner Stangen abcdef geſchloſſen iſt, die einander kreuzen. Die mittlere Stange iſt 4 Zoll breit, und 1⅛ Zoll ſtark bei e, allein ſie iſt ſo ausgetrieben, daß ſie bei l 5 Zoll breit, und 1½ Zoll ſtark iſt, wo ſie unter rechten Winkeln gebogen werden, und unter dem Boden

des Rohrs hinläuft. In dieſer Stange iſt eine viereckige Oefnung, wodurch ein Zapfen oder Stift von der innern Seite des Rohrs geht, und vermittelſt eines viereckigen Kopfes in der Oefnung der Axe AB geſichert wird, unter welcher alsdenn die Befeſtigung bei C geſchieht; zwiſchen den Verbindungen findet indeſſen aber doch auch eine ſanfte Bewegung Statt.

Die Stange cg iſt von der nämlichen Stärke wie el, und geht über dieſelbe bei e. Bei c und g iſt ſie unter rechten Winkeln gebogen, ſo daß ſie längs den Seiten des Rohrs hingeht. Die zwei Stangen d m, fk ſind auf cg befeſtiget, nachher rückwärts umgebogen, und ſind 2 Zoll breit und $\frac{5}{8}$ ſtark; auch ſind ſie bei m und k unter rechten Winkeln gebogen, ſo daß ſie gleichfalls unter dem Rohre hinlaufen: die übrigen zwei Stangen bh, ai kreuzen die andern drei Stangen unter den erforderlichen Abſätzen, und ſind zu beiden Seiten unter rechten Winkeln gebogen, um das Ende des Rohrs zu faſſen, und ſich längs den Seiten deſſelben anzulegen. Bei der Kreuzung dieſer Stangen geſchieht die Befeſtigung vermittelſt Schrauben, welche durch die obere Stange gehen, und in der untern eingeſchraubt werden. Die nämlichen Schrauben gehen auch durch ein mäßiges Eiſenblech, welches hinterwärts vorgelegt wird, und vermittelſt Nieten innerhalb dem Rohre darauf befeſtiget worden. Die acht umgebogenen Stangen bei abcghik erſtrecken ſich blos gegen 6 Zoll längs dem Rohre; allein es ſtoßen unmittelbar daran acht andre Stangen von der nämlichen Größe, welche darauf geſchraubt werden. Dieſe Stangen gehen verlaufen zu, ſo daß ſie an den Enden $1\frac{1}{2}$ Zoll breit und $\frac{3}{8}$ ſtark ſind; ihre Länge beträgt 9 Fuß 8 Zoll. Die mittlere Stange iſt ohngefähr 16 Zoll umgebogen, und geht verlaufen zu, indeß die Stange, die dagegen trift, und unter dieſelbe gelegt worden, gleichfalls ſich mit der erſtern verläuft. Der

Zapfen geht durch beide, und ſie machen gewiſſermaßen nur eine Stange aus; dies geſchieht allmählich, wo denn das Maaß am Ende 1¼ Zoll bis ½ Zoll beträgt; die Länge iſt mit den übrigen einerlei.

Das Segment eng iſt abgeſchnitten, und macht eine Oefnung an den Seiten ohngefähr 2 Fuß breit. Ein Dekkel von der nämlichen Form wie das abgeſchnittene Stück des Rohrs, wird hier angelegt, und ſchließt dieſe Oefnung vollkommen, ſo daß er an den Seiten vorragt. Indeſſen würde dieſes noch nicht hinreichend ſeyn: denn nach nächtlichen Beobachtungen würde dieſer Deckel, ſo gut er auch ſchlöſſe, um die innere Seite des Rohrs gegen Näſſe zu ſchützen, doch mit Thau und Näſſe bedeckt werden, wo denn, ſo wie er weggenommen würde, um den Spiegel zu ſichern, immer Waſſertropfen unvermeidlich auf denſelben von dieſer feuchten Bedeckung darauf fallen würden. Um dies zu verhindern hat man eine äußere Bekleidung angebracht, welche die innere vollkommen gegen alle Feuchtigkeit ſichert.

Da das Rohr an dieſem Theile zu Tragung des Spiegels viel zu ſchwach iſt, ſo wurden drei Eiſenbleche 2 Fuß 4 Zoll breit, ⅛ ſtark und in einander geſchoben, ſo daß ſie lang genug waren, um von c rund um bamlkeb bis g zu reichen, der innern Stärke beigefügt; über dieſe wurde noch eine eiſerne Stange 6 Zoll breit und ⅜ ſtark dichte am Ende blos von b bis h rund herum gebogen; auch kam dazu noch eine andre Stange 2⅝ Zoll breit und ½ Zoll ſtark, welche einen vollkommnen Kreis machte, um dieſes Ende des Rohrs, welches ausgeſchnitten worden war, und den Eingang machte, zu unterſtützen. Alle dieſe Theile wurden durch Schraubennägel geſichert, welche durch die neun langen äußeren Stangen abcghiklm nächſt durch das Rohr, ſodann durch die ſtarke Platte, und endlich durch den breiten Streifen und die kreisförmigen

Stangen gehen, worauf ſie vermittelſt Muttern einwärts geſchraubt wurden. Die mehr vorragenden Theile der langen Stange wurden gleichfalls durch Schraubennägel geſichert, welche durch das Rohr und durch die kreisförmigen Streifen des eiſernen Ringes von einer Breite von $2\frac{3}{4}$ Zoll und einer Stärke von $\frac{1}{8}$ gehen, deren einer in jedes Blech des Rohrs eingelegt worden, ſo weit als die Stangen gehen.

Nachdem wir nun ſolchergeſtalt alles geſichert hatten, was ich hier den Punkt der Unterſtützung nennen will, ſo war es nunmehr nicht weniger erforderlich, auch für die Aufhängung die nämliche Sorge zu tragen. Dies wurde dadurch erhalten, daß ich das Rohr mit Stangen verſahe, welche denen ähnlich waren, als ich am Boden angewendet hatte.

Zehn Stangen, welche rund herum gleichmäßig vertheilt worden, ohngefähr 10 Fuß 4 Zoll lang, wurden der Länge nach ſo gelegt, daß eine davon oberhalb gegen diejenige am Boden zu liegen kam. Jede derſelben hat ſechs Schraubennägel, welche durch die Stange und das Rohr, und ſo gleichfalls auch durch den eiſernen Reifen gehen, der von der nämlichen Breite und Stärke iſt, wie ich bereits angegeben habe. Auch die Stangen, ausgenommen die höchſte und tiefſte, haben die nämliche Größe wie diejenigen, deren ich mich in Rückſicht des Unterſtützungspunkts bedient habe. So ſind ſie auch wie jene zur Seite ſchief zu bearbeitet, und fangen in der Breite und Stärke ohngefähr 4 Fuß von vornen an, in den nämlichen Dimenſionen, wie bei den erſtern, ſchwächer zu werden. Die unterſte Stange iſt etwas ſtärker in ihren Dimenſionen, übrigens aber genau einerlei.

Die mittlere Stange oberhalb iſt gegen den Punkt der Aufhängung am ſtärkſten, wo ihre Breite 4 Zoll, und ihre Stärke 1 Zoll beträgt. An dieſem Orte wird ſie von

einer andern Stange gekreuzt, welche ein Segment eines Kreiſes iſt, und die mittlere, ſo wie die zwei andern Stangen zu jeder Seite, umgiebt. Dieſe Kreuzſtange iſt 3½ Zoll breit und in der Mitte 1 Zoll ſtark, an den Seiten ſchief zugefeilt, ſo wie ihre Stärke ſich auch am Ende verlauft. Sie geht über die mittlere Stange unter der erforderlichen Ausbiegung, und endigt ſich zu beiden Seiten an den beiden entfernteſten Stangen; nur die Stangen zunächſt der mittlern an jeder Seite gehen darüber weg. Die mittlere Stange hat einen Vorſprung, vermöge welchem das Teleſkop aufgehangen wird, und der Mittelpunkt davon iſt 3 Fuß 8 Zoll von der Mündung des Rohrs. Dieſer Vorſprung iſt von Eiſen, 4 Zoll breit und 1 Zoll ſtark, verdoppelt und am Ende nochmals geöfnet, um die kreisförmige Stange zu kreuzen, und auf der ſtarken mittlern zu ruhen, woran ſie mit vier ſtarken Schraubennägeln befeſtiget iſt. Dieſe gehen durch die Stange in das Rohr, wo ſie mit guten Schraubenmuttern verſehen ſind. Die lange mittlere Stange verläuft ſich nach und nach von dem Orte des Vorſprungs, wo ſie ſich 18 Zoll weit erſtrecken, bis endlich die Breite 2¼ Zoll, und die Stärke ⅜ Zoll wird.

Alle dieſe zehn Stangen ſind jede mit ſechs Schraubennägeln verſehen, welche durch das Rohr, und durch die eiſernen Reifen gehen, deren viere von einerlei Dimenſionen mit denjenigen ſind, deren man ſich am Punkte der Unterſtützung bedienet. Der Reifen, welcher ſich unter der Aufhängung befindet, iſt 8 Zoll breit, und etwas ſtärker als die übrigen. Die Einrichtung des vordern Reifen iſt verſchieden: die Stärke deſſelben beträgt ohngefähr zwei Zehntheile eines Zolls, und da er unter rechten Winkeln gebogen iſt, ſo hält derjenige Theil, welcher zu dem Rohre und zu den zehn Stangen herabgeht, es feſte, während dem derjenige in der andern Richtung als ein

Ring dient, ſowohl um die Oefnung zu verſtärken, als auch um ſie zu begränzen. Sie ragt ohngefähr drei Zoll rings herum vor, und läßt eine Oefnung von 4 Fuß 4 Zoll an der Mündung des Teleſkops.

Der Haken der Aufhängung ſteht quer über das Rohr, und nimmt eine runde eiſerne Stange auf, welche die Geſtalt von Fig. 35. hat, welche jede willkührliche Lage annimmt. An den Stellen ab werden zwei doppelte Kloben eingehangen, und bei c ein einfacher; alle gehen aufwärts zu den obern Kloben.

Oberhalb des Geſtelles, und rund um den mittlern Balken geht ein eiſerner Ring 4 Zoll breit, und 1 Zoll ſtark, mit einem Haken, der demjenigen am Punkte der Aufhängung am Teleſkope ähnlich iſt. Auch dieſer hat eine runde eiſerne Stange, deren Biegung Fig. 36. vorgeſtellt worden iſt, und trägt drei doppelte Kloben bei def.

Nichts kann die Bewegung eines Tauwerks mehr hindern, als die Anreibung der Seile an einander; da nun aber beſonders meine Kloben mit aller Leichtigkeit wirken ſollten, ſo war es vorzüglich erforderlich, gegen alle Fehler dieſer Art aufmerkſam zu ſeyn; auch mußte noch eine andre Unbequemlichkeit vermieden werden, welche ungleich ſchädlicher war, als die Anreibung des Tauwerks. Wenn zwei, drei oder vier Kloben in einer Reihe Seite an Seite geſetzt werden, ſo werden ſie ſich auf irgend eine Seite neigen, wenn die Laſt aufgezogen, und auf die andre Seite, wenn ſie niedergelaſſen wird. Dies kann leicht einen Zufall verurſachen, der im Falle meines großen Teleſkops beſonders viele Mühe verurſacht haben würde, und wahrſcheinlich der Abſicht nicht entſprochen haben dürfte; es wird nämlich vermöge der Neigung eines Klobens zur Seite ein Seil zuweilen ausgleiten, beſonders da meine Seile in geſchmolzenem Talg gut durchgezogen worden, um

ſie gegen Feuchtigkeit zu ſichern. Dies verurſacht denn, daß im Sommer Staub darauf ſitzen bleibt, der wenn er die Fuge der Rolle ausfüllt, bei der geringſten Abweichung von der ſenkrechten Richtung das Seil aus ſeinem Lager treiben kann. Iſt dies nun der Fall in der Nacht, wo man nicht unmittelbar es gewahr werden kann, ſo wird das Seil bald beſchädiget, oder wohl gar durchſchnitten, wenn die Kraft lange anhält, die darauf wirkt. Außerdem wird dieſe unregelmäßige Bewegung der Rollen, wenn beſonders genau das Teleſkop in den Meridian gehangen worden, leicht eine geringe Abweichung in der geraden Aufſteigung bewirken, welche aber doch vermieden werden ſollte. Meine Kloben ſind daher alle außer einem in einer mittägigen Lage, und auch dieſer kann nach der nämlichen Richtung gewendet werden, wenn die Umſtände dieſerwegen es erforderlich machen. Die doppelten Kloben liegen unter einander, auf welche Art denn der Zug der untern oberwärts und der obern unterwärts, zu ihrer mittägigen und ſenkrechten Stätigkeit Beihülfe leiſtet.

Um nun aber auch jede Höhe vom Horizonte bis zum Zenith zu erhalten, war es erforderlich, daß der Punkt der Unterlage beweglich ſey, welche Bewegung denn vermittelſt eines Mechaniſmus erhalten wurde, den ich nunmehr näher erklären will.

Acht Stangen $2\frac{1}{2}$ Zoll breit, und $1\frac{1}{8}$ Zoll ſtark erhielten Zähne in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Zoll, die Verbindung geſchahe nachgehends durch Streifen, welche gegen beide Seiten der Stellen geſchraubet wurden, wo zwei an einander geſetzt waren. Ihre Länge iſt ſolchergeſtalt beſchaffen, daß viere und viere mit einander vereiniget zwei Stangen von 29 Fuß 8 Zoll Länge jede ausmachen. Zwei Haken, welche an das Ende derſelben angeſchraubt worden, ergreifen die Axe Fig. 34. bei D und E, welche an dieſen Stellen zu dieſer Abſicht abgerundet worden iſt.

Auf den Grundbalken Fig. 3. ſind vier kurze Kreuzbalken bei ll, mm, nn, oo befeſtiget; dieſe führen folgende Maſchine. Eine Kurbel, welche ein Trieb von 8 Stäben dreht, treibt ein Rad von 20 Zoll im Durchmeſſer mit 51 Zähnen; die Mitte des Rades trägt ein Trieb von 12 Stäben, welches in ein Rad von 3 Fuß im Durchmeſſer greift, und 88 Zähne hat. An der Welle dieſes letztern ſind auf einer langen Stange zwei Laternentriebe von 12 Stäben in einer Entfernung von 3 Fuß 9 Zoll von einander entfernt, welche dann in die zwei langen gezahnten Stangen greifen, die unter denſelben in dieſem Abſtande in eiſernen Fugen laufen, um zu verhindern, daß ſie nicht ſeitwärts ausweichen. Die langen Stangen werden von ſchmalen Schienen von Holz pp, qq unterſtützt, welche ſich von vorwärts bis rückwärts erſtrecken, da außerdem die Schwere dieſer Stange ſie abwärts biegen würde, und ſie ſolchemnach zur Wirkſamkeit untüchtig würden, ſo wie dieſe Schienen ferner noch mit eiſernen Blechen belegt ſind, um durch Anreibung nicht zu leiden. Die vordern Enden der Stangen ſind mit Griffen verſehen, welche ſie in ihren Lagern auf den Schienen halten.

Zwei Träger von Eichenholz 29 Fuß 8 Zoll lang jeder 6 Zoll breit und 4 Zoll ſtark erſtrecken ſich von rs nahe an den Trieben bis rs hinterwärts. Sie ſind oberwärts konvex, um in die Konkavität der eiſernen Rolle AB Fig. 34. einzufallen. Eben ſo ſind ſie auch mit ſehr ſtarkem Eiſenblech belegt, um zu verhindern, daß ſie von der Bewegung der Laſt, welche auf ihnen hingeſchoben wird, abgenutzt werden. Der Abſtand vom Mittelpunkte des einen bis zum Mittelpunkte des andern iſt 5 Fuß $4\frac{1}{2}$ Zoll.

So wie alles dieſes eingerichtet worden, als ich hier beſchrieben habe, ſieht man deutlich, daß wenn die Kurbel des erſten Triebs gedrehet wird, das Syſtem der Räder und Triebe in der Maſchine die Stangen ziehen, und

folglich den Punkt der Unterſtützung des Rohrs in irgend einer verlangten Lage vorwärts treiben werde; zurück kommt es denn in ſeine vorige Lage wieder, wenn der nämliche Handgrif rückwärts gedrehet wird.

Bei S' Fig. 3. nahe am Boden der Breter tt vv liegt eine Walze, 19 Zoll im Durchmeſſer und 17 Zoll breit mit hohen Seiten, worauf das lange Seil ſich windet, welches den Punkt der Aufhängung des Teleſkops vermittelſt der Kloben aufwärts zieht, die ich bereits beſchrieben habe. An einer Seite der Walze befindet ſich ein Rad von 2 Fuß 3 Zoll im Durchmeſſer mit 91 Zähnen; eine Kurbel mit einem Triebe von 4 Stäben ſetzt es in Bewegung, wenn das Teleſkop gehoben oder niedergelaſſen wird.

Das Verfahren, die Kloben anzuziehen, ſieht man Fig. 37. Das Seil A, welches von der großen Walze kommt, geht nach und nach über die Rollen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11; von B geht es ſodann zu einer andern Walze T' Fig. 3. welche gleichfalls nahe am Boden tt vv iſt, deren Gebrauch in der Folge näher beſchrieben werden ſoll.

Vermöge des Beiſtands dieſer zwei Bewegungen kann das Teleſkop unter irgend eine Höhe gebracht werden, ſo daß es ſelbſt das Zenith erreicht; um ihm dieſe Richtung willkührlich zu geben, iſt ein Quadrant von Herrn Bird von 1 Fuß an der Weſtſeite des Rohrs befeſtiget, woran er ſich nahe am Ende befindet, und in einem Gehäuſe von Eiſen verſchloſſen liegt; oberhalb demſelben iſt zu gleicher Zeit ein Sucher oder ein Nachtfernrohr, ohngefähr 21 Zoll lang mit Kreuzdrähten im Fokus deſſelben verſehen angebracht. Die Theilungen des Quadranten werden anſtatt eines Bleiloths vermittelſt einer Weingeiſtwage angemerkt.

Die Welle, welche das erſte Trieb des Mechaniſmus in Bewegung ſetzt, um den Punkt der Unterſtützung zu führen, hat einen Lappen, welchen ein kleines Rad mit Stiften in Bewegung ſetzt, und innerhalb einer Maſchine liegt, die an dem Rahmen des großen Räderwerks befeſtiget, und in einem kleinen Gehäuſe eingeſchloſſen iſt. Das Rad mit den Stiften führt eine Schraube ohne Ende, welche ein Zentralrad bewegt, auf deſſen Welle ein Zeiger feſte angeſchoben worden, welcher über eine Platte hingeht, welche in 140 Theilungen graduirt worden. Jede dieſer Theilungen entſpricht vier Umgängen der Kurbel, und ſie ſind groß genug, um noch den vierten Theil einer Umdrehung derſelben zu unterſcheiden. Auf dieſe Art wird denn alſo der Zeiger bemerken, wie viele Umdrehungen der Kurbel geſchehen ſind, um das Teleſkop von dem hinterſten Punkte der Unterſtützung bis zum vorderſten zu ziehen.

Ich nenne dieſe Maſchine den Stangenzeiger. Sie iſt von wichtigem Nutzen, um vermittelſt einer Tafel, welche zu dieſer Abſicht gemacht worden, unmittelbar den Ort des Punkts der Unterſtützung für irgend eine gegebene Höhe oder Zenithabſtand des Quadranten anzugeben.

Um nun aber auch zu jedem Theile des Himmels zu gelangen, wird außer der vertikalen Bewegung des Teleſkops auch die Einrichtung für die horizontale erfordert, welches denn auch vermittelſt eines andern ſehr einfachen Mechaniſmus geſchehen iſt. Wir haben bereits geſehen, daß der untere Rahmen des Geſtelles auf 20 konzentriſchen Rollen ruht, und um einen Zapfen beweglich iſt.

Bei ww xx y Fig. 3. befindet ſich eine Maſchine, die in jeder Rückſicht derjenigen gleich iſt, welche bereits beſchrieben worden, um dem Punkte der Unterſtützung die Bewegung mitzutheilen, ausgenommen daß anſtatt einer Stange mit zwei Laternentrieben, das große Rad hier eine

eiſerne Walze 2 Fuß 8 Zoll lang und 5 Zoll im Durchmeſſer führt. Nahe an den Enden des großen Querbalken II befinden ſich zwei Kloben, einer bei T, der andre bei V. Rund um die äußere kreisförmige Mauer iſt ein Gang 12 Fuß breit, und auf einem Grasplatze dicht an dieſem Gange ſind acht eichene Pfoſten in breiten Rahmen, die feſt in den Boden eingeſchlagen worden, und unter gleichen Entfernungen ſtehen, ſo daß blos ihre Köpfe ſo weit vorragen, um einen eiſernen Ring einzulegen, und daran einen Kloben anzuhängen, ſo wie es etwa die Umſtände erforderlich machen; auch hat der mittlere Balken einen eiſernen Haken an jedem Ende.

Ein ſtarkes Seil wird nunmehr rund um eine der Speichen des Rades zunächſt der Walze gelegt, welches mit einem Ende deſſelben unter dem Boden deſſelben geht, indeß das andre oberhalb bleibt. So wie nun die Kurbel das Räderwerk in Bewegung ſetzt, ſo wird die Walze beide Enden des Seils, allein in entgegengeſetzten Richtungen ziehen. Das eine Ende wird ſodann zu den Kloben auf den großen Balken bei T geführt, indeß das andre über denjenigen bei V geführt wird, nur daß die Richtung die entgegengeſetzte iſt.

An den nächſten Pfoſten unter rechten Winkeln an den großen Balken gegen Süd z. B. wird ein Ring gehangen, und ein Kloben damit verbunden; indeß zu gleicher Zeit ein ähnlicher Ring und ein Kloben an den andern Pfoſten nahe an dem entgegengeſetzten Ende des Balken, gegen Nord gelegen, befeſtiget wird. Die Enden des Seils gehen nunmehr durch dieſe Kloben zurück, und werden mit eiſernen Haken, welche ſich daran befinden, in die Haken an den Enden der mittlern Stange eingehangen.

So wird denn, ſo wie die Seile hinreichend und gleichförmig angezogen werden, das Teleſkop anfangen,

eine horizontale Bewegung zu erhalten, welche ſo lange fortgeſetzt werden kann, als die Pfoſten noch die erforderliche Lage dazu behalten; welche Bewegung noch weiter fortzuſetzen, die Seile nachgelaſſen werden, und ſo wie jetzt die Ringe an die nächſten Pfoſten eingehangen werden, kann man denn willkührlich fortfahren, das Teleſkop gegen irgend einen Theil des Himmels zu wenden, als erforderlich iſt. Die ganze Vorrichtung dazu iſt nach verjüngtem Maaßſtabe Fig. 38. vorgeſtellt.

Ich will hier nur noch anmerken, daß die Enden des Seils gleichförmig angezogen werden müſſen, zu welchem Entzwecke ein Merkmal an dem Orte gemacht werden muß, welcher rund um die Speiche des Rades geführt wird. Auch das Anhängen der Kloben, welche mit den Ringen verbunden werden, welche über die Pfoſten geworfen werden, müſſen eine Vorrichtung vermittelſt Glieder und Haken erhalten, um ſie willkührlich zu verlängern oder zu verkürzen.

Vermöge des Beiſtands der Bewegungen, als wir jetzt beſchrieben haben, habe ich denn im Jahre 1789 zu verſchiedenenmalen den Saturn zwei oder drei Stunden vor ſeinem mittägigen Durchgange aufgenommen, welches mit der größten Leichtigkeit geſchehen, bis er zwei oder drei Stunden hinter ſeinen Durchgang gekommen; eine einzige Perſon iſt im Stande ſehr bequem ſowohl die horizontalen als vertikalen Bewegungen fortzuſetzen, ſo wie es der Beobachter nöthig findet. Indeſſen gehört hieher noch eine beihelfende dritte Bewegung, die ich nunmehr noch näher erklären muß.

Wir haben geſehen, daß bei Befeſtigung der Leitern ſie unter 8 Fuß 2 Zoll Abſtand vorwärts geſetzt wurden, damit das Teleſkop hierdurch eine Seitenbewegung erlangte, ohne an dem ganzen Apparate irgend eine Aenderung vorzunehmen, welcher eigentlich die mittägige Lage zur Abſicht hat.

Jeder Gegenſtand am Himmel, wenn er durch den Meridian geht, ſteht alsdann in ſeiner günſtigſten Lage, um beobachtet werden zu können, weil in großen Höhen die Atmoſphäre von größerer Reinheit iſt. Auch der Vortheil, im Stande zu ſeyn, das Inſtrument vermittelſt des Quadranten an denjenigen Ort zu führen, wo wir den Gegenſtand näher betrachten wollen, iſt bei einem ſo großen Inſtrumente, als dieſes 40füßige Teleſkop iſt, nicht weniger beträchtlich, ſo wie ferner bei unbekannten Gegenſtänden es gleichfalls von der größten Folge iſt, daß man vermöge der ſüdlichen Lage den Ort deſſelben genau beſtimmen kann. Allein da ein einziger Durchgang durch das Geſichtsfeld, beſonders bei meinen Unterſuchungen am Himmel in Zonen, nicht hinreichend geweſen ſeyn würde, die Neugierde eines Beobachters zu befriedigen, wenn irgend ein neuer Gegenſtand ſich ihm darbietet, ſo ward es erforderlich, ein Verfahren auszufinden, dieſen Zwiſchenraum zu verlängern. Das Rohr daher, ſo wie wir geſehen haben, iſt denn ſolchergeſtalt eingerichtet, daß es mit dem Punkte der Unterſtützung auf einem Zapfen ruht, wodurch es ſeitwärts gewendet werden kann.

Da ſein Durchmeſſer 4 Fuß 10 Zoll beträgt, und dieſer Theil, welcher insgemein den Leitern gegenüber ſteht, die es vorwärts begränzen, ohngefähr 35 Fuß von dem Zapfen, ſo ſieht man denn, daß eine Bewegung von 3 Fuß 4 Zoll erhalten werden kann, welche für den Radius von 35 Fuß aufwärts von fünf Grad eines großen Kreiſes giebt.

Zwar haben vermöge der Einrichtung des Apparats, welches dieſe Seitenbewegung geſtattet, und wegen der Kürze der Seile bei großen Höhen, verſchiedene Verminderungen Statt, indeſſen bleibt aber doch noch immer eine hinreichende Größe dieſer Seitenbewegung um der Abſicht zu entſprechen, und aufs genaueſte jeden Gegenſtand, welcher durch den Meridian geht, zu betrachten.

Ehe ich aber der einzelnen Einrichtung für dieſe Seitenbewegung erwähne, muß ich vorher noch verſchiedenes andre näher erklären. Der Punkt der Unterſtützung ruht auf einem Zapfen; indeſſen würde aber dieſer keinesweges einem Rohre von 4 Fuß 10 Zoll im Durchmeſſer, was noch außerdem mit der Laſt zu Haltung der Stangen und dem Spiegel beſchwert iſt, der darauf ruhet, Feſtigkeit genug gegeben haben. Man hat ſich daher mit zwei beweglichen Trägern bei pq Fig. 34. verſehen. Sie beſtehen aus zwei dichten meſſingenen Rollen, 3 Zoll ſtark und $4\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer, die in ſtarken Rahmen eingelegt, und an den Seiten des Rohrs verbunden ſind, ſo wie ſie denn an der flachen Seite der viereckigen Welle AB anliegen, welche den Zapfen in der Mitte trägt. Die mittlere dieſer Rollen wird ohngefähr 2 Fuß 2 Zoll von dem Mittelpunkte des Zapfens angebracht; und da ſie ſolchergeſtalt geſetzt iſt, daß keine Bewegung verloren geht, welche ſie auf der Welle haben kann, ſo wird für dieſe Winkelbewegung der Rollen auf der Welle Raum hinreichend erhalten, oder ſo viel, als es für das Rohr zwiſchen den Seiten der Leitern giebt; in der That iſt deſſen mehr als erforderlich iſt, da 10 Minuten Zeit insgemein hinreichend ſind, irgend einen Gegenſtand zu beobachten.

Das Verfahren, mit dieſem Teleſkope zu beobachten, geſchieht vermöge dem, was ich die vordere Ausſicht genennt habe; und da die Größe des Inſtruments ſo beſchaffen iſt, daß ein Sitz angebracht werden kann, ſo hat man auch einen am Ende deſſelben darauf zu errichten Rückſicht genommen. Das Fußbret oder der Boden iſt 3 Fuß breit, und 2 Fuß $2\frac{1}{2}$ Zoll tief. Der Sitz iſt von der Höhe 1 Fuß 7 Zoll bis 2 Fuß 7 Zoll beweglich, nicht ſowohl in Rückſicht der Bequemlichkeit der verſchiedenen Beobachter, als in Rückſicht der Abänderung, welche unter verſchiedenen Höhen erforderlich iſt, und die beinahe

12 Zoll beträgt. Die eine Hälfte des Sitzes kann zurückgeſchlagen werden, um den Eingang hinterwärts frei zu haben; und da er vor- und ſeitwärts eingeſchloſſen iſt, ſo ſichert eine Stange, welche hinterwärts eingelegt wird, nachdem der Beobachter an ſeinem Orte iſt, das Ganze auf eine ſolche Art, daß alles vollkommen ſicher und bequem iſt.

An den Seiten des Sitzes, von welchem zwei Triebe herabgehen, die an einer Stange befeſtiget ſind, und am Ende ein Sperrrad und eine Kurbel haben, befinden ſich zwei ſtarke eiſerne Quadranten. Dreht man nun dieſe Kurbel, ſo kann hierdurch ſehr leicht der Sitz in eine horizontale Lage gebracht werden, ehe der Beobachter eintritt, oder er kann wieder zurückgebracht werden, wenn irgend eine beträchtliche Abänderung in der Höhe des Teleſkops eine Veränderung erforderlich macht.

Der Brennpunkt des Objektſpiegels wird vermöge einer beſondern Vorrichtung bis auf 4 Zoll von der untern Seite der Mündung des Rohrs herab gebracht, und geht vorwärts in die Luft. Vermöge dieſer Einrichtung hat man für dieſen Theil des Kopfs, welcher über dem Auge iſt, Raum erhalten, daß er die Strahlen nicht ſtark hindern könne, welche von dem Gegenſtande zum Spiegel gehen; die Oefnung des Spiegels iſt 4 Fuß und der Durchmeſſer des Rohrs 4 Fuß 10 Zoll; indeſſen wird, wie wir vorausſetzen, ein Beobachter zur Nachtzeit irgend eine Art von warmer Kopfbedeckung einem Hute vorziehen, weil die Krempe deſſelben doch einige einfallende Strahlen leicht abhalten dürfte.

Eine lange Schraubenſtange liegt in einem Futter, welches angelegt oder weggenommen werden kann, und gelegentlich zur Seite des Sitzes angebracht wird, wo denn für den Beobachter eine Kurbel ſich befindet. Das andre Ende dieſer Stange geht in eine Schraubenmutter, welche

gleich dem Futter ſich an einem doppelten Ringe bewegt, ſo daß ſie jede Bewegung dadurch erhält. Die Schraubenmutter ſelbſt befindet ſich an einer Maſchine, welche weiter hin näher beſchrieben werden ſoll, und kann zu irgend einer Höhe heraufgezogen werden, um ſolchergeſtalt die Schraubenmutter in eine ebene Fläche mit dem Ringe des Handgrifs zu bringen. Beim Wenden des Handgrifs kann ſich der Beobachter ſelbſt den Sitz und das Teleſkop von der Leiter ſchrauben, ſo daß er den Gegenſtand, den er ſolchemnach unterſuchen will, ſo viele Minuten lang verfolgen kann, als er es für nöthig hält. Iſt er Willens, einige Zeitlang außerhalb den Meridian zu gehen, ſo kann er den ganzen Rahmen vermöge der großen Bewegung im Kreiſe herum wenden laſſen, ohne ſeinen Gegenſtand aus dem Geſichte zu verlieren, wie ich öfters gethan habe, indem er das Teleſkop ſo weit rückwärts ſchraubt, als die erſtere Bewegung im Kreiſe vorwärts geht, und ſo wie er ſich jetzt ſelbſt wieder vorwärts ſchraubt, ſo kann er dieſe auf einander folgenden Bewegungen ſo lange wiederhohlen, als er es für nöthig findet.

In denjenigen Bewegungen, welche ich Schwingungen genennt habe, (zufolge des Verfahrens über einen Bogen wegzugehen, welches ich zuerſt bei der geraden Aufſteigung anwendete, im Jahr 1783 aber in ein ſyſtematiſches Verfahren über Zonen der Polardiſtanz wegzugehen brachte), ſind verſchiedene Vorkehrungen erforderlich, deren vornehmſte folgende ſind.

Ein Beigehülfe, welcher mit einem Apparat zum Niederſchreiben der Beobachtungen verſehen iſt, ſo wie er gleichfalls Sternverzeichniſſe, Atlaſſe und andre Hülfsmittel dieſer Art vorräthig haben muß.

Ein kleines Zimmer ſo nahe als möglich bei dem Beobachter, worin dieſer Apparat nebſt Lichtern und andern Bequemlichkeiten befindlich ſeyn kann.

Eine ſideriſche Uhr.

Ein Apparat der geraden Aufſteigung.

Ein Apparat der Polardiſtanz.

Eine Verzeichnung von Sternen nach Zonen.

Beobachter und Beigehülfe müſſen ſich leicht einander mittheilen können.

Auch iſt eine Perſon erforderlich, um die nothwendigen Bewegungen zum Uebergange durch die Zonen des Himmels zu geben.

Eine Mikrometerbewegung für dieſe Uebergänge.

Eine Vorrichtung zu Bemerkung der verlangten Gränzen der jedesmaligen Zonen.

Ein kleines Zimmer für dieſe Bewegungen und für die Beleuchtung, welche der Arbeiter nöthig hat.

Eine Vorrichtung für den Beobachter, um dem Arbeiter die erforderlichen Bewegungen anzugeben.

Alle dieſe Einrichtungen gelangten nach und nach bei meinem 20füßigen Teleſkope zur Vollkommenheit, die denn folglich hier auf einmal mit dem größten Vortheile und in dem vollkommenſten Zuſtande angegeben und ausgeführt werden konnten.

A′ B′ C′ D′ Fig. 3. iſt der Boden des Obſervatorium, 8 Fuß 5 Zoll bis 5 Fuß 5 Zoll. Es iſt von der erforderlichen Höhe, und hat ein doppeltes Fenſter gegen Weſt, mit einem Laden oder Schieber, deſſen man ſich bei Nachtzeit bedient. Fig. 1. zeigt die Anſicht deſſelben.

E′ F′ G′ H′ iſt der Boden des Arbeitszimmers, 6 Fuß 6 Zoll bis 4 Fuß 5 Zoll; es hat zwei kleine Zimmer, das eine gegen Süd, das andre gegen Oſt. Seine Höhe iſt beträchtlich geringer als diejenige des Obſervatorium; eine Anſicht davon findet man gleichfalls Fig. 1.

Der Abſtand zwiſchen dem Obſervatorium und dem Ende des Teleſkops iſt offenbar zu weit in Rückſicht der

Mittheilung in freier Luft zwiſchen dem Beobachter und dem Beigehülfen, beſonders da letzterer wegen der Lichter verſchloſſen ſeyn muß, und auch in der That ſeinen Poſten an der Uhr und am Schreibpulte nicht verlaſſen darf. Hierzu kommt noch, daß wenn der Beobachter 30 bis 40 Fuß über dem Beigehülfen ſteht, ein mäßiger Wind ſchon im Stande iſt, den Ton ſeiner Stimme wegzuführen. Es war daher ein Sprachrohr nothwendigerweiſe erforderlich, damit der Beobachter die nöthigen Anweiſungen mitzutheilen vermögend wäre.

Bei der Oefnung des Teleſkops nahe am Orte des Augenglaſes, befindet ſich das Ende eines zinnernen Rohrs, in welches zur Zeit der Beobachtung ein Mundſtück eingelegt werden kann, und vermöge des Herausziehens und des Wendens zur Seite ſo eingerichtet worden iſt, daß es dem Munde des Beobachters bequem liegt, während dem ſein Auge am Glaſe liegt. Dieſes Rohr hält $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer, und geht bis zum Boden des Teleſkops herab, woran es vermittelſt Haken befeſtiget iſt, die in das Rohr gehen, und an der innern Seite verſchraubt ſind. So wie es nun der Axe AB Fig. 34. ſo nahe, als erforderlich iſt, gekommen, macht es eine Wendung, von da es in ein Zugrohr geht, und aus dieſem eine andre Wendung macht, von welcher es ferner durch Schiebröhre vorwärts gegen das Grundzimmerholz geht.

Der Mechaniſmus der erſten Biegung und des kurzen Schiebrohrs ſowohl als der nächſten Biegung iſt von Meſſing, wie Fig. 39. vorgeſtellt worden iſt. Das Rohr a iſt die Verlängerung des Rohrs, welches von dem Beobachter herabkommt: bei b und c iſt es in einen Winkel herumgebogen, allein der Theil b und c beſteht aus einer doppelten meſſingenen Röhre, deren eine ſich in der andern drehen läßt. bde iſt ein Arm, welcher zwei Zapfen hat, einer bei b, der andre bei c; der Theil d iſt durchgeſetzt,

und mit Stiften an dem Rohre befeſtiget, wo er ſich gleich⸗falls herumbewegen läßt, wenn es erforderlich iſt. Wenn das Teleſkop gehoben wird, ſo dreht ſich die Röhre abc um den Zapfen b, und innerhalb der Röhre bce, indeß ſich dieſe gleichfalls um den Zapfen c dreht, ſo daß abc unter rechten Winkeln mit bce gebracht werden kann, wenn das Teleſkop gegen das Zenith gewendet wird. Zu glei⸗cher Zeit wird ce ſich in fg ſchieben und ausziehen, da bc nicht in der Axe der vertikalen Bewegung iſt, welche in AB Fig. 34. liegt, ſondern ſich in einem kleinen Bogen darum bewegt. Der Punkt c wird nicht nur rückwärts gezogen, ſondern auch gehoben werden, daher denn eine zweite bewegliche Verbindung hg nöthig wird, welche in⸗deſſen aber mit der erſtern vollkommen gleich iſt. Von hi werden die Röhren vermittelſt drei Verbindungen von 9 Fuß 6 Zoll jede fortgeſetzt. Dieſe ſchieben ſich in einan⸗der ſo weit als es erforderlich iſt, und alle zuſammen in einer vierten Röhre, ſo wie das Teleſkop ſich der Stel⸗lung nähert, wo es zu Zenithbeobachtungen gebraucht wird. Die vierte Röhre, welche die größte iſt, geht bis zum Ende des Rahmen H′ Fig. 3. wo ſie ſich gegen I′ wendet, und hier wieder bis K′ zurückgehen kann. An dieſem letztern Orte theilt ſie ſich in zwei Aerme, deren einer in das Obſervatorium bis L′ geht, wo ſie durch den Boden aufwärts ſteigt; der andre geht in das Ar⸗beitszimmer bis M′, wo ſie gleichfalls durch den Boden aufwärts in gleicher Fläche mit dem Ohre des Arbeiters ſteigt, welcher genau an dem Orte ſteht, wo ſie die Ge⸗ſtalt eines gebräuchlichen Sprachrohrs hat. Ohnerachtet der Führung des Schalls durch eine Röhre mit ſo vielen Biegungen, und von einer Länge, die beinahe 110 Fuß beträgt, finde ich doch, daß keine beſondere Anſtrengung erforderlich iſt, um deutlich verſtanden zu werden, und daß die Mittheilung zu dieſer Abſicht vollkommen hinreichend iſt, obſchon ohnſtreitig irgend ein Vortheil erhalten werden

dürfte, wenn die ſchiebenden Röhren von Meſſing durchaus von dieſer Länge angewendet worden wären. Unter den langen Röhren, welche ſich in einander ſchieben, iſt eine halbkreisförmige Rinne, welche ſich von N′ bis O′ erſtreckt, und die Röhren an ihrem Orte hält, während dem ſie vermöge der Bewegung des Teleſkops ausgezogen werden, und der Punkt der Unterſtützung vor- und rückwärts geht; die kleine Mundröhre liegt in einer Büchſe N′ H′, um ſie gegen Zufälle zu ſichern.

Der Apparat für die gerade Aufſteigung hat folgende Einrichtung. Gegen die Seiten des Rohrs, 2 Fuß 6 Zoll von der Mündung deſſelben, befinden ſich die Mittelpunkte zweier ſich reibenden Platten 3 Fuß 10 Zoll lang, 2 Fuß 1 Zoll breit, und beinahe zwei Zehntheile eines Zolls ſtark. Dieſe Platten ſind an den langen Stangen des Rohrs oberhalb und unterhalb denſelben, jede mit ſechs Aermen befeſtiget, und ſo angeſchraubt, daß ſie gegen den Horizont ſenkrecht ſind. Die Platte gegen Weſt iſt feſte, allein diejenige gegen Oſt iſt zum Stellen eingerichtet, um an jedem Theile ihrer Oberfläche vollkommen vertikal erhalten zu werden. Eine derſelben iſt am Rohre Fig. 1. ſichtbar. Eine eiſerne Rolle 1 Zoll ſtark und 2½ Zoll im Durchmeſſer wird in einem ſtarken Rahmen ſolchergeſtalt eingelegt, daß die Klammer, welche ſie hält, in jede Richtung geſetzt werden kann, wo nachher die Befeſtigung vermittelſt einer Lappenſchraube geſchieht. Dieſe Rolle ruht auf einem Geſtelle Fig. 40, welches zu irgend einer Höhe gebracht werden kann, ſo wie ferner auf der ganzen Reihe von Leitern gegen Oſt, wo es auf ſechs Paar meſſingenen Rollen auf- und niedergeſchoben werden kann, ihre Einrichtung iſt wie Fig. 17. abcdef. Dieſe Maſchine beſteht aus einem untern Rahmen, und einer Stange gh unter rechten Winkeln damit, welche, wenn der Rahmen auf ſeinen Rollen auf den Leitern liegt, auch unter rech-

ten Winkeln damit auf dem unterſten Theile des Rahmen ſteht: die Faſſung iſt ſo, daß ſie den größten Widerſtand von Oſt gegen Weſt macht. Die Stange führt die eiſerne Rolle, welche gegen zwei verſchiedene Lagen geſchoben werden kann, g beinahe herab zu den Leitern, und b mehr erhoben. Die Leiter wird bei großen Höhen gebraucht. Die eiſerne Rolle, welche vorſteht, wird alsdann ſo gedrehet, daß ſie in der Richtung der Länge des öſtlich anreibenden Eiſens kommt, in welcher Lage ſie von der Lappenſchraube befeſtiget wird. Das Teleſkop wird nunmehr vorwärts oder rückwärts vermittelſt der Stangenmaſchine gebracht, bis das reibende Eiſen der Rolle gegenüber zu ſtehen kommt.

An einer der Faſſungen des nämlichen Rahmen bei i liegt gleichfalls die Schraubenmutter, welche zur Seitenſchraubenbewegung gehört, die bereits beſchrieben worden iſt, die lange Stange davon geht jederzeit mit dieſer Maſchine, wenn ſie von dem Stuhle zur Beobachtung frei iſt, und wird rückwärts bei k an einen ſichern Ort gelegt.

An der gegenüberſtehenden Reihe von Leitern iſt eine andre Maſchine, welche einen großen Federnagel führt, an deſſen Ende eine eiſerne Rolle ſich befindet, welche derjenigen genau gleich iſt, als bisher beſchrieben worden. Auch dieſe kann nach jeder Richtung geſtellt werden. Der Nagel iſt auf eine ſolche Art eingerichtet, daß er außerhalb dem Rahmen kommt, worin er läuft, welches vermittelſt eines Drucks von 34 Pfund geſchieht, welche Kraft er beinahe die ganze Zeit über äußert, als er durch jeden Theil des Raums geht, den er beſchreibt. Die Einrichtung der Federn ſieht man bei Fig. 41. abc ſind zwei eiſerne Stangen 5 Fuß 6 Zoll lang, bei b wie ein Zirkel mit einander verbunden, und an einen Zapfen bei a befeſtiget, welcher an dem Rahmen unbeweglich bleibt, indeß

das andre Ende gleichfalls an einem Zapfen, der an dem Nagel feſte iſt, und die Rolle f führt, befeſtiget wird. Der Nagel iſt 7 Fuß 1 Zoll lang, und 3 Zoll ins Gevierte. Er läuft in zwei Reihen, jede von vier meſſingenen Rollen bei g und h, welche ihn vollkommen umfaſſen, und alle Anreibung ſo viel als möglich verhindern. Die Verbindung b hat eine meſſingene Rolle, welche auf der eiſernen Platte ik läuft. Zwei verlaufene ſtählerne Stangen oder Federn lm, no werden gegen die untern Enden ac der eiſernen Stangen beſteſtiget; eine derſelben iſt bei m konvex, die andre bei o konkav; ſie wirken gegen einander bei mo, wo die konvexe in der Konkavität der andern ruht. Eine Vorrichtung mit einem Lappen, welche den Nagel trägt, ſieht man Fig. 1. wodurch er gehoben werden kann, ſo daß er genau der Rolle gegen Oſt entgegen ſteht, wenn dieſe ihre höchſte Lage erhält.

Man wird nunmehr leicht einſehen, daß wenn die öſtliche reibende Platte in ihrer vollkommen eingerichteten vertikalen Lage gegen die Rolle der geraden Aufſteigung vermöge der genau gegenüber liegenden Rolle vermittelſt einer Kraft gedrückt wird, welche hinreichend iſt, ſie feſt gegen dieſe Rolle zu drängen, dem Teleſkope eine vertikale Bewegung gegeben werden kann, bei welcher die nämliche mittägige Lage beibehalten werden wird. Dem zufolge finde ich denn, daß die gerade Aufſteigung unbekannter Gegenſtände, von bekannten hergeleitet, vermittelſt einerlei Inſtrument beobachtet, und in einerlei Zone, der größten Genauigkeit fähig iſt; dieſe Einrichtung wird daher allen Abſichten entſprechen, die man ſich vorgeſetzt hatte, inſofern man von dem Teleſkope nur nicht verlangt, daß es alle Genauigkeit eines Durchgangsinſtruments leiſte.

Der Federnagel, wie ich dieſe letztere Maſchine nenne, wird zu irgend einer verlangten Lage vermöge eines Seils gebracht, welches an dem mittlern Querbalken des

Geſtelles befeſtiget iſt, welches herabkommt und durch eine Rolle geht, die unter der Maſchine liegt; ſo wie es wieder aufwärts zurückgeht, geht es über eine zweite Rolle, und ſodann herab zu einer Walze mit einem Rade und Triebe auf dem Grundzimmerholze bei Q'.

Die Maſchine des Polarabſtands, wie ich die gegenüberliegende nenne, und in Rückſicht ihrer Anwendung auch dieſen Namen verdient, muß ich jetzt näher erklären; ſie wird auf gleiche Art vermittelſt der Kurbel eines Triebs, eines Rades und einer Walze bei R auf- und abwärts gezogen.

In dem Obſervatorium befindet ſich eine ſehr ſchätzbare ſideriſche Uhr, von Herrn Shelton verfertiget, und iſt ein Geſchenk meines aſtronomiſchen Freundes Herrn Aubert, das mir jederzeit unvergeßlich bleiben wird. Nahe dabei, und von gleicher Höhe iſt die Vorrichtung des Polarabſtandes mit einem Zifferblatte von gleichen Dimenſionen wie die Uhr, und äußerlich gleichfalls in 60 Theile getheilt, nur daß dieſe die Minuten des Raums ausdrücken. Jeder zehnte Theil iſt mit ſtarken Ziffern angedeutet, jede einzelne mit der gehörigen Ziffer, aber mit kleinen Karaktern. Die Grade zeigen ſich in einer viereckigen Oefnung unter dem Mittelpunkte, und ändern ſich vor- und rückwärts, ſo wie das Teleſkop höher oder tiefer ſteht. Dieſe Vorrichtung kann eine ſolche Einrichtung erhalten, daß ſie den Polarabſtand, den Zenithabſtand, die Deklination oder Höhe zeigt, wenn die Stellung verſchieden iſt, allein übereinſtimmend mit Flamſteads Brittiſchen Verzeichniß der Sterne habe ich allgemein den Polarabſtand gewählt.

Die Einrichtung dieſer Vorrichtung iſt ſehr einfach. Sie beſteht blos in einer Walze für das Gewicht und die Schnure, welche die Bewegung mittheilt, und aus zwei

kleinen Zeigerrädern. Die Schnure wird von der Maſchine des Polarabſtands in das Obſervatorium am Boden der Uhr des Polarabſtands geführt, wo ſie aufwärts geht, und über die Walze ſich windet. So wie dieſe den Umgang macht, ſo bewegt ſie der Zeiger an der Welle deſſelben, und bemerkt ſolchemnach die Minuten auf der Zifferblattſcheibe. Dieſer Zeiger kann auf die gewöhnliche Art, wie der Minutenzeiger an gewöhnlichen Uhren geſtellt werden, da er ſich in einer Röhre befindet, welche federartig wirkt. Die Schnure iſt von beträchtlicher Länge, allein da das Gehäuſe der Uhr nicht größer iſt als dasjenige der andern Uhr, ſo bedient man ſich feiner und ſchwacher Rollen, vier und vier am Ende, nachdem ſie quer über die Walze gegangen. Ich muß hier noch erwähnen, daß bei Anbringung dieſer Rollen, ſie über ſehr ſchwache Zapfen laufen müſſen, ohne an einander zu ſtreifen, weil außerdem ihre Wirkung der Abſicht nicht entſprechen dürfte; indeſſen geſchieht dies blos, um das Ende der Schnure frei und hinreichend anzuziehen, damit ſie, ſo wie ſie über die Walze geht, ſich nicht unregelmäßig aufwinde. Es iſt eben kein Umgang der Schnure auf der Walze erforderlich, da ich einen bloßen Gang über dieſelbe von hinreichender Wirkung gefunden habe, ſie zu drehen, denn die Zeiger müſſen alle gehörig im Gleichgewichte ſtehen. Jeder Umgang entſpricht einem Grade Veränderung in der Polardiſtanz; die Minuten werden daher vermöge des Zeigers bemerkt, welcher herumgeführt wird. Die zwei kleinen Zeigerplatten, deren ich erwähnet habe, ſind an Zapfen gegen den Rücken des Zifferblatts zwiſchen demſelben und dem Rahmen der Walze befeſtiget. Sie liegen ſo, daß ihre Ränder nicht weit von dem Mittelpunkte der viereckigen Oefnung treffen, deren ich erwähnet habe, die in dem Zifferblatte iſt, um die Grade zu bemerken; eine kleine viereckige Oefnung etwas größer als diejenige der zwei Räder dient zu dieſer Abſicht vorwärts des Zifferblatts.

Dieſe Räder haben innerhalb Zähne eines Kronrads, und rückwärts eine kleine Zifferſcheibe. Die Vorderfläche der Zifferſcheibe des Rads, welches rechter Hand iſt, hat die Einheiten der Grade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0; dasjenige linker Hand aber bleibt frei, bis 0 auf dem erſtern zum Vorſchein kommt. An der Welle der Walze, dichte an der Platte des Gehäuſes auswärts iſt ein langer ins Gleichgewichte geſetzter Einfall befeſtiget, welcher bei jedem Umgange über einen Zahn des erſten Rades geht, deren zehne ſind. Die Geſtalt des Einfalls iſt dem Widerhaken an einer Feile gleich, nur mehr ſtumpfer, um beim Eintritte in einen Zahn unter ſehr ſchiefer Lage ſo viel Zeit zu gewinnen als möglich, und ſolchemnach einen plötzlichen Schok zu verhindern. Auf dieſe Art wird dann das Laufwerk beinahe augenblicklich den gehörigen Grad der Polardiſtanz anzeigen; allein um gegen den plötzlichen Zug des langen Einfalls zu wirken, befindet ſich über jedem Rade ein kleiner Hebel ab Fig. 42. welcher mit ſeinem Ende zwiſchen den zwei oberſten Zähnen cd ruhet, ſeine Geſtalt iſt diejenige eines ſehr abgeſtumpften Winkels, etwa unter 160 Grad. Die Spitze des Winkels, welche zwiſchen die zwei Zähne einfällt, indem beide Seiten dagegen anliegen, hindert das Ueberſchlagen und der Hebel wird vermöge einer ſehr ſchwachen Feder ef herabgedrückt, die auf den Hebel bei c nahe an dem Orte ſeines Zapfens wirkt, durch welches Verfahren denn ſelbſt die Ziffer auf der Scheibe zurückgezogen wird, wenn ſie etwas vorgerückt ſeyn ſollte. Beſonders muß darauf Rückſicht genommen werden, daß alles leichte ſey, damit keine große Kraft für die Bewegung des langen Einfalls erfordert werde.

Während dem Herumdrehen führt das erſte Rad einen kurzen Einfall, welcher die Geſtalt des langen beinahe hat. Dieſer muß tief genug geſetzt werden, um den langen Einfall frei gehen zu laſſen, und hoch genug, um

den Hebel, während dem er darüber weggeht, frei zu machen. So wie o zum Vorſchein kommt, ſo berührt der Einfall einen Zahn des zweiten Rads, und ſtößt die Ziffer 1 vorwärts, welche nebſt der andern 10 macht. Die zweite Zifferſcheibe hat eine leere Fläche und die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, ſo daß dreizehn Zähne des erſten Rads auf den Einfall kommen, wodurch die leere Fläche und die Ziffern nach und nach vorgeſchoben werden, und nebſt den Einheiten auf einander auf der Zifferſcheibe des erſten Rades erſcheinen.

Auf dieſe Art werden die Grade von 0 bis 129 erhalten, welche die ganze Reihe der nördlichen Polardiſtanz in dieſer Breite faſſen, indeß zu gleicher Zeit ſie die erforderliche Untereintheilung in Minuten erhalten. Eine ſchiefere Theilung hielt man mit dieſem Inſtrumente nicht für erforderlich, ſo wie man auch in der That keine Urſache dazu hatte.

Die Schnure, welche der Uhr für die Polardiſtanz die Bewegung mittheilt, wird zu einer genauen Darſtellung oder wahren Zeiger der Winkelbewegung des Teleſkops auf folgende Art gemacht.

An der Maſchine, welche die Rolle der geraden Aufſteigung hält, iſt ein Arm lmn Fig. 40. in einer ſchiefen Richtung, worauf ein meſſingener Schieber 3 Fuß 1 Zoll lang befeſtiget iſt. Eine Schraube geht davon von einem Ende bis zum andern, und liegt zwiſchen den Blättern ln. Bei o iſt eine Kurbel, wodurch, wenn die Schraube gedrehet wird, eine kleine ſchiebende Platte m, welche eine Rolle trägt, willkührlich längs dem Schieber hin vor- oder rückwärts gedrehet wird.

An dem Teleſkope nahe am Boden des vordern Randes der öſtlichen reibenden Platte iſt eine kleine viereckige Stange mit einem daran befindlichen Haken, welche ge-

ſtellt werden kann, ſo daß ſie gelegentlich etwas näher der Mündung des Teleſkops gebracht, oder davon entfernt werden kann. Das Ende der Schnure der Polardiſtanz wird an den Haken an dieſer Stange befeſtiget, wo ſie bleibt, wenn die Uhr der Polardiſtanz nicht gebraucht wird. Auf dieſe Art wird das Gewichte, welches ſie nach ihrer ganzen Länge von dem Teleſkope bis dahin ausdehnt, wo ſie in dem Uhrgehäuſe angehangen wird, jederzeit gleichförmig ausgedehnt, ſo daß kein Zurückgehen der Schnure, welches dabei vermieden werden muß, Statt finden kann.

Wenn die Uhr der Polardiſtanz gebraucht wird, ſo wird die Schnure in die Rolle des Schiebers bei m gehoben, und geht jetzt von da zu ihrer Beſtimmung wie vorher. Die Rolle der geraden Aufſteigung ruht gegen die reibende Platte, und die Rolle des Schiebers iſt nahe zur Hand, wo denn die Schnure leicht eingehoben werden kann. Die Kurbel o wird nunmehr gedrehet, bis die Schnure, welche von dem Haken am Teleſkope zur Rolle auf dem Schieber geht, eine weiße Linie oder ein Merkmal an der Seite des Rohrs bedeckt. Dieſe Linie, wenn ſie zuerſt gemacht wird, muß eine ſolche Lage haben, daß ſie vertikal iſt, wenn der Radius der Bewegung des Haken etwas mehr als einen Grad Höhe über den Horizont beträgt.

Die Theorie dieſer Einrichtung iſt, daß wenn eine Bewegung in der Polardiſtanz Statt hat, der Tangente und der Bogen um einige wenige Grade in einem Mechanismus, welcher blos Minuten zur Abſicht hat, als gleich angeſehen werden kann. Und in der That wird auf 2 Grade und 20 Minuten, wenn die Bewegung zu beiden Seiten des zu ſtellenden Punkts gleich genommen wird, die Abweichung von der Wahrheit kaum eine Sekunde betragen.

Die Schnure von der Rolle der Maſchine der Polardiſtanz geht gerade gegen O' Fig. 3. wo ſie über eine kleine Rolle gegen eine andre dichte daneben gebogen wird, welche ſie in gerader Linie bis P' unter der Uhr der Polardiſtanz führt, von wo ſie bis zur Walze aufwärts geht.

Die Walze iſt von einem ſolchen Durchmeſſer, daß ſie ſo nahe als möglich der Länge der Schnure entſpricht, als vermöge der Bewegung des Teleſkops über einen Grad der Polardiſtanz gezogen wird; allein da die äußerſte Genauigkeit bei Verfertigung der Walze nicht hat erhalten werden können, ſo kann der Haken am Teleſkope, welcher das Ende der Schnure zieht, wie wir bereits angegeben haben, an ſeiner Stange rück- oder vorwärts geſchoben werden, wodurch denn der Radius der Bewegung entweder verlängert oder verkürzt wird, und ſolchergeſtalt das Anziehen der Schnure ſtärker oder geringer macht.

Da auf dem Teleſkope ſich ein guter Quadrante befindet, ſo bleibt weiter nichts übrig, um eine genaue Lage dieſes Haken zu erhalten, als dasjenige, was die Vorrichtung der Polardiſtanz angiebt, mit demjenigen des Quadranten zu vergleichen; iſt nun ſolchergeſtalt erſtere ſo regulirt, daß ſie mit letzterm vollkommen übereinſtimmend iſt, ſo kann man ſich alsdann ſicher auf die dadurch erhaltenen Angaben verlaſſen.

Die Vorrichtungen für die Zeit und für die Polardiſtanz ſind in einer ſolchen Lage, daß der Beigehülfe vor ihm an einer Tafel mit dem Sprachrohre, welches dazwiſchen emporkommt, ſitzt, auf welche Art denn die Beobachtungen ſehr bequem niedergeſchrieben werden können. Auch kann der Ort neuer Gegenſtände ſogleich angemerkt werden, da ihre gerade Aufſteigung und ihr Polarabſtand vor dem Beigehülfen auf der Tafel ſich befindet, wo denn weiter nichts erforderlich iſt, als ſie nach dem Signale des Beobachters zu nehmen.

Vermöge eines Verzeichniſſes nach Zonen kann der Beigehülfe den Beobachter leiten, welcher mit ſeinem Rükken gegen die Gegenſtände gewendet iſt, welche er betrachtet, und welchem wegen ſolcher Sterne Nachricht gegeben werden muß, deren Oerter beſtimmt ſind, um von ihrer Erſcheinung die Lagen andrer Gegenſtände herzuleiten, welche im Verfolge einer Wendung vorkommen. Im Jahr 1783, als ich dieſe Art von Beobachtungen zuerſt anfieng, war noch keine Verzeichnung von Sternen nach Zonen herausgekommen; ich gab daher meiner unermüdeten Gehülfin, der Caroline Herſchel, ein Muſter, welche denn ſolchemnach das ganze Brittiſche Sternverzeichniß in Zonen, jede von einem Grade, brachte, welches vom 45ſten Grade der nördlichen Polardiſtanz bis herab zum Horizonte geſchahe, ſo wie ſie denn ferner die gerade Aufſteigung der Sterne auf Zeit zurückbrachte, um die Beobachtungen vermöge der Uhr zu erleichtern. Dieſes Verzeichniß wurde nachgehends von dem nämlichen Grade an aufwärts bis zum Pole in Zonen, jede von 5 Graden, vollſtändig gemacht, ſo wie ferner die Veränderung in gerader Aufſteigung von einem Grade der Veränderung in der Länge gleichfalls für jeden Stern in dem Verzeichniſſe auf Zeit zurückgebracht wurde. Hierzu kamen noch berechnete Tafeln, um die gegenwärtigen Beobachtungen auf die Zeit dieſes Verzeichniſſes zurückzubringen, ein Verfahren, welches ich demjenigen vorzog, die Sterne, die es enthält, auf gegenwärtige vorwärts zu bringen, weil dies mit der Einrichtung des Himmelsatlas zuſammentraf, und von großen Vortheilen war.

Der offenbare Nutzen eines ſolchen Verzeichniſſes muß ohnſtreitig bald von jedermann anerkannt worden ſeyn, welcher mit dem Verfahren bekannt war, deſſen ich mich bediente, um den Himmel zu durchgehen; und da dieſes nicht nur mit meinem Teleſkope, ſondern auch mit

Durchgangsinſtrumenten und Mauerquadranten anwendbar iſt, ſo ſind wir in der That dem Herrn Wollaſton vielen Dank ſchuldig, welcher im Jahr 1789 die aſtronomiſche Welt mit einem Werke von beinahe ähnlicher Einrichtung mit demjenigen beſchenkte, deſſen ich mich bediente, nur ungleich vermehrter, und mit Sternen bereichert, welche aus den beſten Schriftſtellern gezogen worden; außerdem ſind ſie auf Zeit für das Jahr 1790 zurückgeſetzt.

Nunmehr ſcheint es denn, daß nur noch ein Atlas von der nämlichen Einrichtung nach einer Skale von gleicher Ausdehnung fehle, welcher mit den gehörig berichtigten Gegenſtänden verſehen iſt.

Die Mikrometerbewegung, welche zum Durchſtreifen des Himmels erforderlich iſt, ſo wie nicht weniger dies bei Beobachtung der Planeten und andrer Gegenſtände der Fall iſt, wird vermittelſt des Endes des Seils B Fig. 37. erhalten, welches das Teleſkop heraufzieht. Dieſes geht herab zu einer Walze S′ Fig. 3. 12 Zoll lang und 4 Zoll im Durchmeſſer, und befindet ſich auf der nämlichen Welle wie die andre Walze 12 Zoll lang und 12 Zoll im Durchmeſſer. Ein kleineres Seil geht von der größten Walze in das Arbeitszimmer, wo es oberhalb einer ſchwachen vertikalen Welle, 2 Fuß 6 Zoll lang und 3 Zoll im Durchmeſſer bei a Fig. 43 befeſtiget wird. Ein andres Seil von gleicher Größe wird unterhalb der nämlichen Welle bei b befeſtiget; wenn nun bei Herumdrehung der Kurbel cd das Seil ae auf die Welle nach einer Richtung aufgewunden wird, ſo wird zugleich das Seil bf nach der entgegengeſetzten Richtung aufgewunden. Dieſes zweite Seil bf geht aus dem Arbeitszimmer über eine Rolle, welche es aufwärts bis oberhalb des mittlern Querbalkens der Leitern führt, wo es dann über eine andre Rolle herabgeht, und daſelbſt mit einem Gewichte verſehen iſt, das

daran herabhängt. Auf dieſe Art wird zwiſchen dem Anziehen der Seile ae und bf ein Gleichgewicht erhalten, welches die Welle in jeder Lage hält, wo ſie ſtehen bleiben ſoll, und ſo die Arbeit desjenigen beträchtlich erleichtert, welcher dieſe Kurbel zu verſchiedenenmalen nach einer Richtung drehet, und eben ſo vielemale wieder zurück. Vermöge einer ſolchen Bewegung der Kurbel wird denn alſo das Teleſkop gehoben und geſenkt, ſo wie, da dieſes eine ſo lange Zeit fortgeſetzt werden kann, als der Beobachter es für erforderlich hält, es ihn ſolchemnach in den Stand ſetzt, den Himmel zu beobachten, ſo wie er vor dem Teleſkope erſcheint.

Vermöge dieſer Einrichtung der Walzen ſieht man denn leicht, daß die Bewegung hinreichend vertheilt wird, da verſchiedene Umdrehungen der Kurbel erforderlich ſind, um über einen kleinen Raum des Himmels wegzugehen. Das Verfahren mit Walzen und Seilen hat man dem Räderwerke wegen der ſanften und ſtillen Bewegung vorgezogen, als welches beides bei Beobachtungen dieſer Art ſo weſentlich erforderlich iſt. Es iſt wahr, daß die große Ausdehnung, welche auf die Seile der Mikrometerbewegungen wirkt, ſie geſchwinde abnutzt, worauf man denn ſorgfältig Rückſicht nehmen, und öfters andre neue einziehen muß; indeſſen aber kann dies von keinem Belange ſeyn, wo der Entzweck, welcher dadurch erreicht wird, von ſo großer Wichtigkeit iſt.

Es würde für den Arbeiter nicht nur ſehr mühſam ſeyn, ſondern auch öfters zu Irrungen Veranlaſſung geben, wenn er die Umdrehungen der Kurbel zählen ſollte, welches vielleicht nicht ſelten Stunden lang geſchehen muß; aus dieſem Grunde hat man daher eine Zonenuhr ſo eingerichtet, daß er weiter darauf nicht Rückſicht zu nehmen hat. Dies iſt eine Maſchine, welche auf einen Tiſch gerade vor dem Arbeiter hingeſtellt wird. Sie ſchlägt an

eine Glocke, ſo wie er nicht mehr nach einerlei Richtung drehen ſoll, d. i. wenn das Teleſkop zu den Gränzen einer Zone gekommen, und heißt die Bodenglocke, wenn ſie ſchlägt, nachdem das Teleſkop unterwärts gegangen, indeß eine andre Glocke ſchlägt, wenn die nämliche Anzahl von Umgängen in entgegengeſetzter Richtung geſchehen ſind. Das Teleſkop wird vermöge dieſer Bewegung in ſeine vorige Lage wieder zurückgebracht, welches zweite Merkmal die Höhenglocke heißt, und die zweite Gränze der Zone andeutet. Dieſe Glocken geben dem Arbeiter nicht nur Anweiſung, wenn er wechſeln ſoll, ſondern ihr verſchiedener Ton bemerkt auch die Lage des Teleſkops ſelbſt, und beugt ſolchergeſtalt allen Fehlern vor.

Außerdem hat man noch fernere Vorſicht angewendet, daß man die Glocken den nächſten Umgang wiederhohlen läßt, wenn aus Unachtſamkeit der Arbeiter die erſte Angabe verhört haben ſollte. Bei einer langen Fortſetzung von gleichförmigen Zwiſchenräumen des Tons, können wir daran ſo gewöhnt werden, daß wir ſie kaum alle bemerken, allein wenn blos ein Ton dazu kommt, ſo regt dies um ſo mehr unſre Aufmerkſamkeit. Eine andre ſehr nutzbare Anwendung, die ich nicht ſelten von einer zweiten oder dritten Glocke gemacht habe, iſt die Ausdehnung der Zone um eine gewiſſe Zeit entweder gegen Nord oder gegen Süd, wenn eine Angabe von einem Sterne geſchehen, welcher etwas über oder unter dem Bogen war; denn in einigen Gegenden des Himmels ſind bekannte Sterne zuweilen ſelten, und es wird dann erforderlich, ſie alle zu nehmen, welche dieſerwegen zu Hülfe kommen.

Die Bauart der Zonenuhr iſt ſehr einfach und bequem. Das Ende der Welle, woran die doppelte Walze ſich befindet Fig. 3. ragt bei T′ vor. Hieran befindet ſich eine kleine hohle zilindriſche Röhre, welche das Ende der Schnure hält, die die Zonenuhr in Bewegung ſetzt. Die Röhre iſt

an beiden Enden wie eine Uhrtrommel, um die Schnure aufzunehmen, bleibt aber an dem Ende offen, welches auf die Welle geht, worauf ſie viereckig feſt angeſchoben wird. Sie muß gegen 1¾ Zoll lang ſeyn, und einen Zoll im Durchmeſſer halten.

Von dieſer Röhre geht die Schnure in das Arbeitszimmer, wo ſie ferner hinauf bis zur Uhr bei a Fig. 44. reicht. Sie geht ſodann über eine große enge Walze bcd, und vermöge eines Gewichts w am Ende geht ſie herab, wenn die Kurbel der Mikrometerbewegung die Welle und die doppelte Walze in Bewegung ſetzt, womit die Röhre, welche dieſe Schnure hält, verbunden iſt. Bei cb ſind zwei Hebel, welche auf die gewöhnliche Art verurſachen, daß die Hämmer ef an die Glocken gh ſchlagen, wenn die Stifte die Hebel verlaſſen, welche ſie aufgehoben haben. Dieſe Hebel haben Federn, ſo daß die Stifte wieder zurück gehen können, ohne das Werk ſelbſt in Unordnung zu bringen, ſo wie denn dieſe Stifte, welche den Hebel c bewegen, an der Walze bcd befeſtiget ſind. Der Hebel wird dann ausgehoben, ſo daß er vor der erſten Platte des Geſtelles und dichte am Zifferblatte iſt, welches 40 Ziffern enthält, und von beträchtlicher Stärke ſeyn muß, außerdem daß es an einer hohlen Welle befeſtiget iſt. Die Welle der Walze muß hinreichend ſtark und lang genug ſeyn, um durch die hohle Welle durchzugehen, und noch etwas vorragen, um eine ränderirte Schraube am Ende aufzunehmen. Die Welle, welche das Zifferblatt trägt, wird alsdann vermittelſt eines Stifts befeſtiget, ein Zeiger zum Stellen an die vorragende Welle angeſchoben, ein Futter und eine veränderte Schraube vorgelegt, um ihn in der erforderlichen Lage feſte zu halten.

Der Zeiger zum Stellen beſteht aus einem federartigen Stück Stahl, ſo wie er bei ik vorgeſtellt worden, nur breiter als insgemein die Zeiger an einer Uhr ſind. Er muß

in der Mitte einen hinreichend breiten Kreis haben, und eine Oefnung, welche weit genug iſt, um an die Welle zu gehen. Das Ende k des Zeigers muß etwas außerhalb der Zifferblattſcheibe reichen, welches wegen zweier Schrauben mn nöthig iſt, welche dadurch in eine meſſingene Platte gehen, und wozwiſchen ein ſchwacher Theil liegt, um dem Zeiger auf- und abwärts eine geringe Bewegung zu geſtatten. Die Platte, welche an dem Zeiger vermittelſt der Schrauben mn befeſtiget iſt, geht unterhalb das Zifferblatt ſo weit, um drei Stifte zu tragen, welche den Hebel b heben, wenn ſie in die erforderliche Lage gelangen, ſo wie z. B. diejenigen an der Walze, welche den Hebel c heben. Das Zifferblatt muß dichte am Rande ſo viel kleine Löcher haben, um einen Stift einzulegen, als Zahlen darauf ſich befinden; und in dem Zeiger, den Löchern entgegen, wird ein Stift befeſtiget, welcher in eines dieſer Löcher fällt, wenn der Zeiger darüber geſtellt wird. Nahe am Ende l des Zeigers muß ein andrer kleiner Zeiger ſeyn, wodurch er gehoben werden kann, und ſo in irgend eine Lage verſetzt wird, als erforderlich iſt; überhaupt muß man darauf ſehen, daß beide Enden gehörig mit einander im Gleichgewichte ſtehen.

Um die Zonenuhr in die Breite irgend eines beſondern Streifen zu ſetzen z. B. auf zwei Grad, fängt der Arbeiter beim Glockenton an, und während dem er den Handgrif dreht, bis der Quadrante, oder die Vorrichtung der Polardiſtanz eine Veränderung von zwei Graden bemerkt, wird der Zeiger der Zonenuhr ausgehoben, ſo daß der Stift außerhalb den Löchern auf dem Zifferblatte ſey; zu dieſer Abſicht muß auch die Schraube in der Mitte frei ſeyn, um ungehindert vorbeigehen zu können. Wenn denn das Teleſkop zwei Grade herabgekommen, muß der Arbeiter die Kurbel anhalten. Der Zeiger wird nunmehr an den Ort gehoben, wo der erſte Stift auf den Hebel der

Bodenglocke trift. Hier wird der Stift in ſein gehöriges Loch eingelegt, und die mittlere Schraube feſte angezogen. So wie dies geſchehen, ſo kann alsdann der Arbeiter vor- und rückwärts von Glocke zu Glocke drehen, wo denn das Teleſkop die verlangte Bewegung von zwei Graden machen wird.

Das Werk der Zonenuhr iſt ſolchergeſtalt eingerichtet, daß die Zahlen auf dem Zeigerblatte den Umdrehungen der Kurbel entſprechen: indeſſen iſt dies, ſo bequem es auch iſt, doch nicht weſentlich erforderlich. Die Zahl der Umgänge auf einen Grad verändert ſich bei verſchiedenen Höhen etwas, allein es läßt ſich durch Verſuche eine Tabelle machen, welche mit hinreichender Genauigkeit die Ziffer auf dem Zifferblatte anzeigen wird, worauf der Zeiger ſtehen muß, damit die Zonenuhr irgend eine verlangte Breite für einen Bogen unter einer gewiſſen Polardiſtanz geben kann.

Vermittelſt des Sprachrohrs kann denn der Arbeiter die Anweiſung erhalten, anzufangen, inne zu halten, geſchwinder fortzugehen, oder langſamer zu drehen. Dieſe nebſt einigen wenigen andern Anweiſungen ſind alles, was erforderlich iſt, und da dieſe ihm und dem Beigehülfen bekannt ſind, ſo kann kein Irrthum entſtehen, ohnerachtet die Röhren, welche in zwei Zimmer gehen, mit einander verbunden ſind.

Die Seile, welche von der Gallerie kommen, und beſonders gezogen werden können, gehen durch einen doppelten Kloben, der an dem obern Querbalken hängt, und einen doppelten Kloben, der an dem obern Ende des Trägers der Gallerie befeſtiget iſt; in der Folge gehen ſie über eine einfache Rolle oberhalb herab zu den zwei Walzen, deren untere der Rückwand der Leiter zu jeder Seite eine liegt. Jede Walze wird vermittelſt einer Kurbel bewegt, an deren Welle ein Trieb von vier Stäben ſich befindet: dieſe

greifen in ein Rad, an einer Seite der Walze, von 61 Zähnen und 18 Zoll im Durchmeſſer.

Die Walzen ſind $25\frac{1}{2}$ Zoll lang und 12 Zoll im Durchmeſſer, damit das Seil nicht zu oft über einander zu liegen komme, als wodurch die Gleichförmigkeit des Aufziehens der Gallerie leiden würde. Sie ſind genau einander gleich gemacht, und ziehen eine gleiche Länge des Seils bei jedem Zuge der Kurbel, allein da einer derjenigen, welche die Gallerie ziehen, doch geſchwinder gehen kann, als der andre, ſo ſtößt jede Kurbel bei jedem Umgange auf eine Glocke, die Bewegung geſchehe nun aufwärts oder unterwärts, deren verſchiedener Ton denn vermöge des regelmäßigen wechſelſeitigen Anſchlags bemerkt, wenn die Gallerie die gehörige Bewegung erhalten, welches beſonders bei Nachtzeit viele Vortheile gewährt. Der Mechaniſmus des Glockenwerks bei jeder Kurbel liegt in einem kleinen Behälter, damit keine Näſſe zudringen könne, iſt aber hinreichend offen, ſo daß der Ton zur Seite freien Ausgang findet.

Da eine einzelne Glocke wie Fig. 45. an einer eiſernen Platte bei a aufgehangen wird, ſo ſteht ein Kloben bc darauf, zwiſchen welchem bei d und e zwei Wellen liegen, welche auswärts vorſtehen. Außerhalb dem Kloben und auf dieſen Wellen ſind zwei umgekehrte Hämmer angehangen, welche mit Hebelärmen fg verſehen ſind. Sie ſind mit Federn verſehen, die denjenigen gleich ſind, die ich bei der Zonenuhr angegeben habe. Die Welle, welche die Walze bewegt, hat einen Lappen, und da die Platte mit dem Glokkenapparate mit der Welle unter rechten Winkeln ſteht, ſo daß der Lappen in den Einſchnitt auf der Platte zwiſchen f und g fällt, wo die Hebelärme ſich treffen, ſo wird ſolchemnach entweder mit einem Hammer beim Aufgehen, oder mit dem andern beim Niederſteigen die Glocke anſchlagen.

Die Biegſamkeit der Seile muß beſonders unterhalten werden, da aber bei keinem um das Teleſkop Theer hat angewendet werden können, ſo hat man ſie die-

ſerwegen durch heiß geſchmolzenes Talg gezogen, und eine hinreichende Zeit darin liegen laſſen, um davon ganz durchdrungen zu werden. Auf dieſe Art dauern ſie eine beträchtlich lange Zeit, beſonders wenn man darauf Rückſicht nimmt, daß man ſie nicht öfters ſchlaff läßt. Da die Gallerie blos an Seilen hängt, ſo kann man ſich denn nicht ganz darauf verlaſſen. Jeder Träger iſt daher mit vier ſtarken breiten eiſernen Haken verſehen, deren zwei auf eine der flachen Sproſſen der Theilung $\beta\gamma$ Fig. 7. treffen, indeß auf der entgegengeſetzten Seite noch zwei auf die andre flache Sproſſe $\delta\varepsilon$ fallen. Wenn nun die Gallerie bis zur verlangten Höhe heraufgezogen worden, ſo werden die Haken niedergelaſſen, und die Seile etwas nachgelaſſen, ſo daß ſie jetzt in den Haken hängt. Die andern zwei Haken zu jeder Seite dienen zum Heben zwiſchen den flachen Sproſſen in der Mitte von der einen zur andern. Sie haben einerlei Mittelpunkt mit erſtern, und fallen wie die andern zurück, wenn die Gallerie herabgelaſſen wird.

So hat man ſich auch ferner in Rückſicht der Sicherheit des Rohrs einer ſtarken Kette bedient, woran es hängt, im Falle daß die Seile, woran es aufgehangen iſt, nachgeben ſollten. Sie iſt in einem Haken nahe am Punkte der Aufhängung eingehangen, das andre Ende aber an einer flachen Sproſſe, und geht ſodann rund um eine der Seitenſtangen der Leiter unter einer gewiſſen Höhe über dem Teleſkope, und iſt von hinreichender Länge, damit das Rohr vollkommne Freiheit hat, ſich einige Zolle mehr zu bewegen, als erforderlich iſt. Auf dieſe Art kann denn ein Fallen nie beträchtlich werden, und ſollten auch die Seile in dem ſchlimmſten Theile eines Bogens von $2\frac{1}{2}$ Grad Breite reißen, ſo würde das Teleſkop kaum zwei Fuß hoch fallen.

Die Bauart des großen Spiegels iſt nach Fig. 46. Am Metalle ſelbſt beträgt er $49\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer, allein an dem Rande bei ab iſt eine Fuge von $\frac{3}{4}$ Zoll breit und 1 Zoll tief, wodurch die konkave Fläche deſſelben im

Durchmeſſer von 48 Zoll der polirten Oberfläche wird. Die Stärke, welche durchaus gleich iſt, beträgt ohngefähr $3\frac{1}{2}$ Zoll, und ſeine Schwere, ſo wie er vom Guſſe kam, war 2118 Pfund, davon er aber freilich durch das Poliren zum Theil verloren haben muß.

Ein eiſerner Ring $49\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer innerhalb, 4 Zoll breit, und $1\frac{1}{8}$ Zoll ſtark, hat inwärts einen ſtarken Vorſprung, welcher zu deſſen Stärke noch hinzukommt, und genau in die Fuge des Spiegels einfällt, iſt aber nicht ganz ſo tief. Ein Kreuz, ebenfalls von Eiſen wie der Ring, geht rückwärts darüber hin, ſo daß wenn der Spiegel in den Ring gelegt worden, daß er auf der Fuge liegt, dieſes Kreuz ihn in dem Ringe feſte hält. Vermittelſt einer ſchwachen Bedeckung von Eiſenblech hinterwärts, und einer andern von Zinn auf der Vorderfläche, macht der Rand ein vollkommnes Gehäuſe für den Spiegel.

An den Seiten des Ringes befinden ſich drei ſtarke Handgriffe, wodurch der Spiegel horizontal gehoben werden kann, und vertikal, wenn man ſich blos des einen bedient, wie es etwa die Umſtände erforderlich machen.

Um den Spiegel in das Rohr zu legen, hat man einen eigenen Wagen verfertiget, welcher auf zwei Rollen geht. Er hat aufrechtſtehende Seiten, wozwiſchen der Spiegel, wenn er vermöge eines Krahns in dem Laboratorium vertikal gehangen worden, an einem Ende eingelegt, und ſo wie er niedergelaſſen worden, befeſtiget wird. Der Wagen wird ſodann herausgezogen, welcher auf Planken rollt, bis er nahe zum hintern Theile des Teleſkops kommt. Das Rohr muß um ſo weit zurückgebracht werden, als die Stangenmaſchine es zuläßt. Zwei Bäume, welche ſolchergeſtalt mit einander verbunden worden, daß ſie ein Parallelogram von 8 Fuß 6 Zoll lang und 2 Fuß breit bilden, werden an einem Ende geneigt, indeß das andre zwei Haken hat, welche in zwei Löcher am Ende des Grundzimmerholzes Fig. 3. in der Mitte zwiſchen den Rollen rs einfallen. Dies verſchaft

einen bequemen Weg aufwärts für den Wagen des Spiegels, welcher nunmehr in eine gehörige Lage zum Aufwärtsziehen geſetzt wird. Wenn dieſes geſchehen iſt, wird der Wagen an die Welle des Punkts der Unterſtützung AB Fig. 34. gebunden, und indem die Kurbel der Stangenmaſchine gedrehet wird, ſo wird der Spiegel mit ſeinem Wagen bis zum Grundbalken EE, AA Fig. 3. heraufgezogen, welches 16 Zoll über der Grundmauer beträgt. Während dem nun, daß der Wagen nahe oberhalb kommt, wird Raum für 6 dreizollige Planken, womit man ſich verſehen, welche an einander auf die Rollen rs gelegt werden, und welche einen Boden von 5 Fuß 10 Zoll von 5 Fuß 5 Zoll bilden, worauf der Wagen gehen kann. Allein dieſe Planken müſſen nicht gelegt werden, ehe nicht das Teleſkop zuerſt zurückgebracht, und wieder dichte an den Wagen befeſtiget worden, welches denn daran gehalten wird während dem dieſes geſchieht. In der Folge wird nun der Boden, Bret an Bret, weiter fortgelegt, indeß zu gleicher Zeit der Wagen darauf hingezogen wird.

Sobald als er nun dahingekommen, wird ein ſtarkes Seil in einen Haken auf dem Balken bei a Fig. 15. eingelegt. Dieſes geht herab zu einer Rolle, und iſt am Ende mit einem Haken zum Schieben verſehen, welcher durch einen der drei Handgriffe des Spiegels gelegt wird; das Seil geht übrigens rückwärts zu einer Rolle, die an dem Haken b angehangen worden. Von dieſem Kloben geht es vorwärts zu einen Führungskloben bei V' auf dem Grundzimmerholze Fig. 3., welche das Ende des Seils zur Walze führt, und zu der großen Kreisbewegung des ganzen Teleſkops dient. Wenn die Kurbel dieſer Maſchine bewegt wird, ſo wird der Spiegel auf ſeinen Wagen gehoben, wo er nunmehr herumgewendet wird, während dem der Spiegel noch zum Theil darauf ruhet, ſo daß er jetzt mit dem hintern Theile des Rohrs, und dichte daran parallel wird. Sobald als nun der Spiegel gehörig hängt, wird der Wagen frei

gemacht, und zur Seite darunter weggezogen. Zu gleicher Zeit wird der Boden nach und nach weggenommen, damit das Rohr vermöge der Stangenbewegung zurückgebracht werden kann, wenn der Spiegel hoch genug iſt, um über den hintern Theil deſſelben zu gehen. Läßt man nun allmählich die Kurbel der runden Bewegung herab, und führt den Spiegel gehörig, ſo wird er auf ein kleines hohles Quadrat mit einer vorragenden Rückwand geſetzt, die darunter gelegt worden. Die Höhe des viereckigen Rahmen iſt ſo beſchaffen, daß der Mittelpunkt des Spiegels in den Mittelpunkt des Rohrs fällt, und die vorragende Rückwand ergreift ihn beim Zurückgehen, und zieht ihn vom Hintertheile des Rohrs genau ſo viel als erforderlich iſt, damit der obere Theil in die gehörige Wirkung geſetzt wird.

Iſt nun der Spiegel an ſeiner Stelle, ſo werden zwei Haken dichte daran geſchraubt, die abſichtlich dazu gemacht worden ſind. Sie enthalten die Futter für die Stellſchrauben von der Rückwand durch die ſtarke obere Stange cg Fig. 34. wo dann, ſo wie dieſe befeſtiget ſind, die Kloben ausgehakt, und der ganze Apparat, welcher dabei gebraucht worden iſt, weggenommen wird. Die ſechs Planken werden alsdann auf die nämlichen Rollen bei no gelegt, wo ein Gang quer über die ganze Maſchine nöthig iſt, und wo ſie bleiben können, bis Zenithbögen unterſucht werden ſollen.

Das Verfahren, den Spiegel gegen Feuchtigkeit zu ſichern, geſchieht vermittelſt eines flachen Deckels von Zinn, welcher auf einen eiſernen Ring, ohngefähr $1\frac{3}{4}$ Zoll breit und $\frac{1}{8}$ Zoll ſtark, gelöthet wird, deſſen Durchmeſſer gleich dem eiſernen Ringe iſt, welcher den Spiegel hält. Auf dem flachen Ringe iſt rings herum ein dichtes Tuch von gleicher Breite mit dem Ringe geleimt. Der Deckel hat nahe an dem obern Ende zwei Handgriffe, und darunter zwei Backen, welche ohngefähr einen Zoll weit vorragen, und 6 Zoll breit ſind. Wenn der Deckel aufgehangen, oder über den Spiegel gelegt wird, ſo daß die zwei Backen dichte an dem

Ringe anliegen, ſo wird der Ring des Deckels, ſo weit als er mit Tuche belegt iſt, gegen den Rand des eiſernen Ringes anliegen, und dicht herum anſchließen.

An ſechs Stellen befinden ſich weiße Merkmale, welche den Umkreis gleichförmig theilen, ſo wie ſechs Klammern wie Fig. 47. vorgeſtellt worden. Dieſe werden bei den ſechs bezeichneten Orten angebracht. Das Ende a wird über den eiſernen Ring b gelegt, und hält die Rückwand, die Schraube c aber wird ſodann ſolchergeſtalt angezogen, daß ſie auf die äußere Seite des Deckels und des Ringes drückt, bis er genau auf den Ring anſchließet.

Um den Deckel wegzunehmen und wieder anzulegen, gehört eine kleine Leiter, welche an die Außenſeite gegen die Rückwand des Rohrs gelegt wird, auf welcher man hinaufſteigt, und alsdann in das Rohr vermittelſt einer Art von Treppe hinabſteigt. Dieſe Treppe geht quer über den Spiegel in paralleler Richtung damit, wo er denn die Schrauben losmacht. Man ſteigt jetzt wieder aus dem Rohre heraus, ohne den Spiegel aufgedeckt zu haben, worauf zuerſt die innere Treppe heraufgezogen wird. So liegen nunmehr die zwei Handgriffe des Deckels rückwärts, daß jetzt zwei Perſonen ihn leicht abheben können, ohne den Spiegel weiter an irgend einer Stelle zu berühren. Er wird ſodann unmittelbar ins Obſervatorium getragen, und bleibt daſelbſt, bis der Spiegel wieder zugedeckt wird, nachdem zuerſt der innere und äußere Deckel des Rohrs verſchloſſen worden iſt.

Wenn der Spiegel wieder zugedeckt wird, ſo muß alle Rückſicht darauf genommen werden, daß kein Thautropfen von dem äußern Deckel des Rohrs auf den innern falle, oder wenigſtens doch, daß keiner zum Spiegel ſelbſt gelange, in welcher Rückſicht das erſte ſeyn muß, ihn vor allen Dingen zu bedecken, ehe in Rückſicht der Befeſtigung etwas gethan wird.

Bei ſehr hohen Beobachtungen wird indeſſen das Rohr nicht ſogleich wieder herabfallen, und im Zenith wird es wegen ſeiner groſſen Schwere, wozu noch diejenige des Spiegels kommt, ſich ſelbſt rückwärts neigen; es iſt daher ein Gegengewichte vermöge eines mittägigen Pfoſten 7 Fuß hoch, und vermittelſt eines Rahmen in dem Boden gehörig befeſtiget, ohngefähr 20 Yard von der Vorderſeite des Teleſkops angebracht worden. Daran iſt oberhalb rückwärts ein Arm befeſtiget, welcher einen Kloben hält, und unterwärts iſt vorwärts eine Walze, welche vermittelſt eines Rads und eines Triebs bewegt wird. Ein Seil mit einem am Ende deſſelben angehängten Gewichte geht über die Rolle an dem Pfoſten, und gegen die Oefnung des Teleſkops. Am Ende des Rohrs zu jeder Seite iſt ein Haken, in welchen eine Kette mit beiden Enden gehangen wird, welche lang genug iſt, um um den Sitz bis zu einer beträchtlichen Entfernung zu gehen, und hält in der Mitte einen Kloben, über welchen das Seil von dem Gewichte wieder rückwärts bis zur Walze an den Pfoſten geht. Hier kann es aufgezogen werden, bis das Gewichte hinreichend gehoben worden, um das Teleſkop feſte zu halten, und es wieder fallen zu laſſen, wenn die eigenen Bewegungen deſſelben es erniedrigen. Bei Zenithbögen ſind zu dieſer Abſicht 300 Pfund erforderlich, bei tiefern Höhen aber nur 100.

Ein ähnlicher Pfoſten und Apparat befindet ſich in gleicher Entfernung vom Teleſkope gegen Nord, welcher gebraucht wird, wenn das Inſtrument zu hohen Beobachtungen im nördlichen Meridian herum gewendet wird.

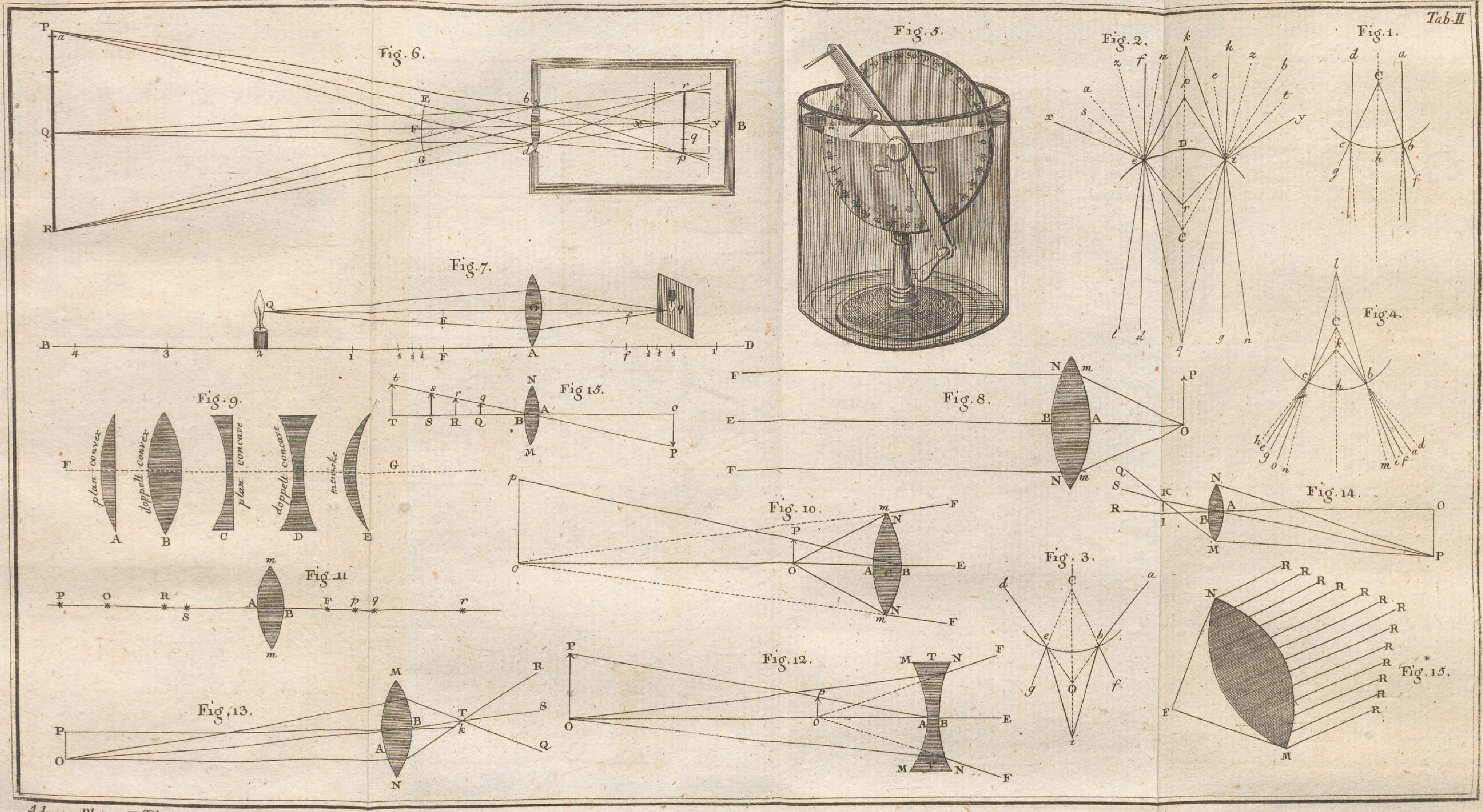
Eine andre Unbequemlichkeit bei ſehr groſſen Höhen iſt, daß die langen Stangen, welche den Punkt der Unterſtützung vorwärts bringen, anfangen über ihre Träger vorzuragen. Wenn dies der Fall iſt, ſo wird ein leichter eiſerner Rahmen mit zwei kleinen Rädern, oder vielmehr Rollen an die Enden derſelben angeſteckt. Dies hält ſie

nicht nur zuſammen, ſondern unterſtützt ſie auch hinreichend, ſo weit als ſie herauskommen.

Ein Schieber, welcher geſtellt werden kann, befindet ſich in der Mündung des Teleſkops, ſo daß er gegen den Mittelpunkt des Spiegels gerichtet werden kann. Er trägt ein meſſingenes Rohr, in welches alle einfache Augengläſer oder Mikrometer eingeſchoben werden. Wenn ſie beinahe in den Brennpunkt gebracht worden, ſo bewegt ein ränderirter Kopf unter dem Ende des Rohrs eine Stange, deren Bewegung ihnen die vollkommne Stellung giebt.

Der Brennpunkt des großen Spiegels wird vermittelſt zwei Platten mit Federn auf dem Rande berichtiget, und die Oefnung des Rohrs an zwei Stellen begränzet, welche bemerkt worden ſind. Ein Deckel mit einer kleinen Oefnung wird ſodann in das Rohr gelegt, und ein Gehülfe mit einer dazu gehörigen Kurbel ſchraubt eine oder die andere Berichtigungsſchraube am hintern Theile des Spiegels aus oder ein, bis die Platten auf der Oefnung vorwärts dem Teleſkope beiderſeits ſichtbar werden, da ſie ſo eingerichtet ſind, daß wenn der Spiegel nicht die gehörige Berichtigung erhalten hat, eine oder beide verſchwinden. Zu gleicher Zeit dienen dieſe Platten vermöge ihrer Stellung auch, um zu ſehen, welche von den Schrauben, es ſey zur Rechten oder zur Linken, falſch iſt, und ſolchemnach die Berichtigung eine ſehr leichte Arbeit wird.

Tab I
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25

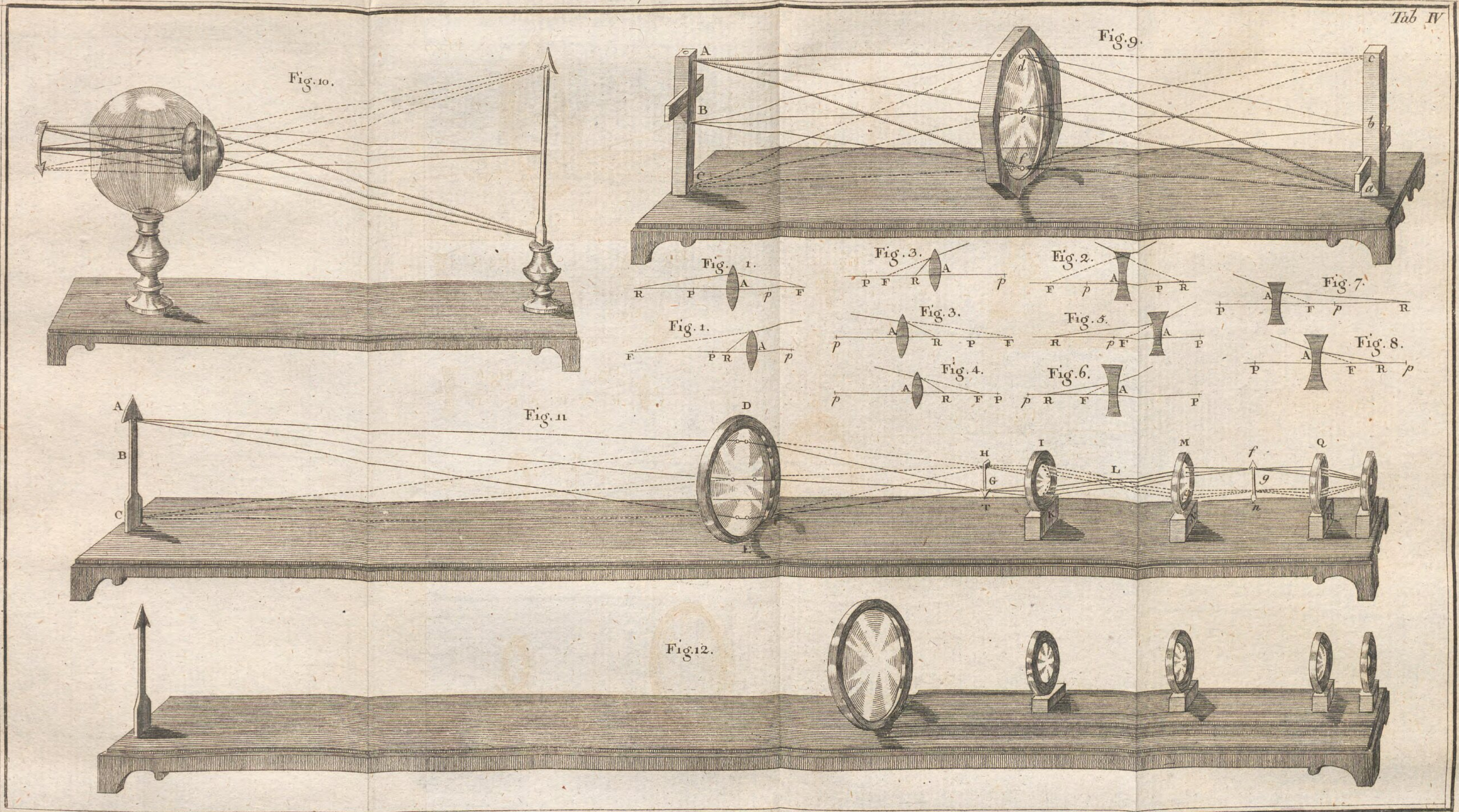


Adams Phys; II Th.

Bayerische Staatsbibliothek München

Tab: III.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig 11
Fig. 12.

MÜNCHEN



Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Tab. V.

Adams Phys: II B.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Adams Phys. II. Th.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Adams Phys II Th.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Fig. 1.

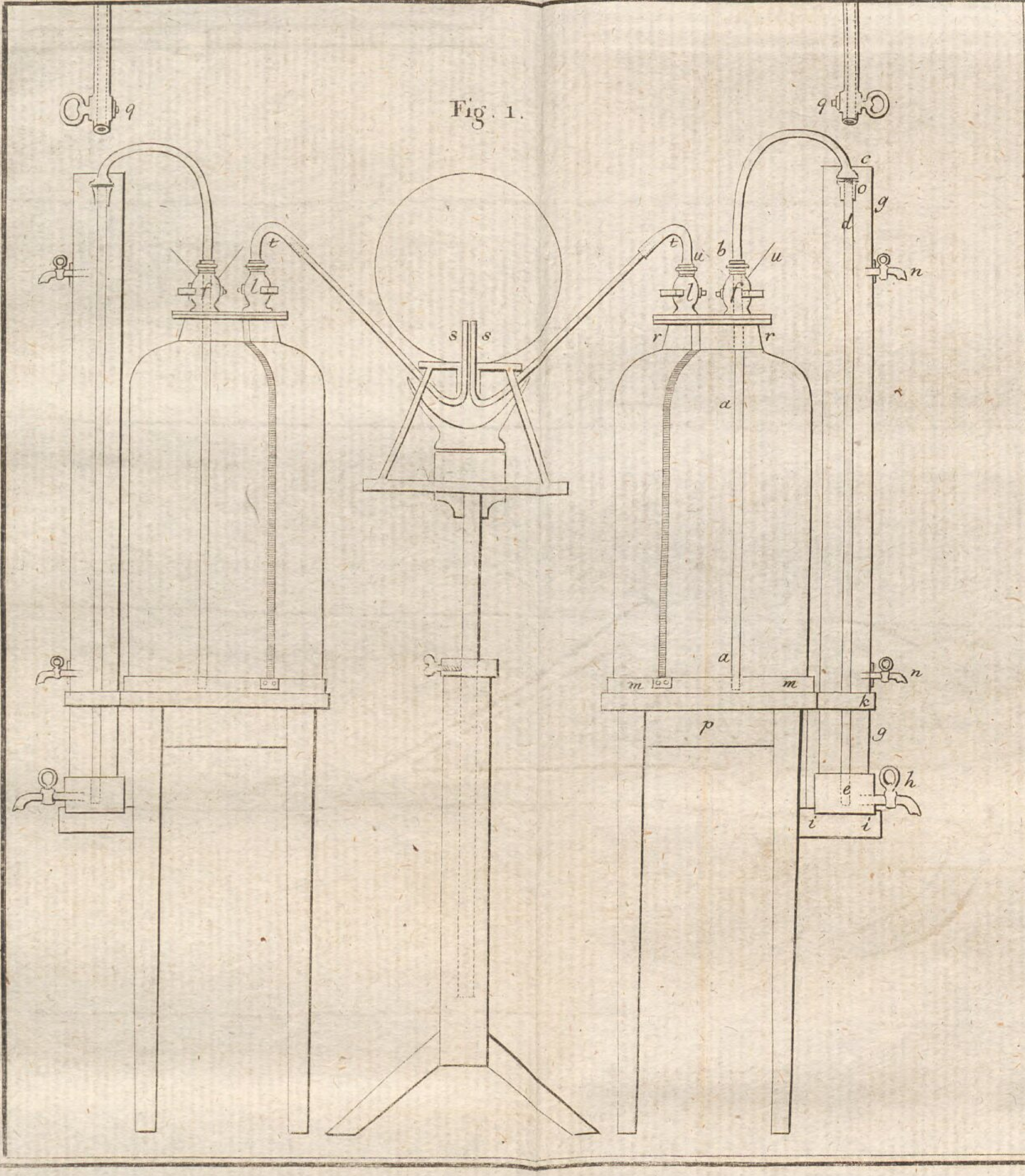


Fig. 2.

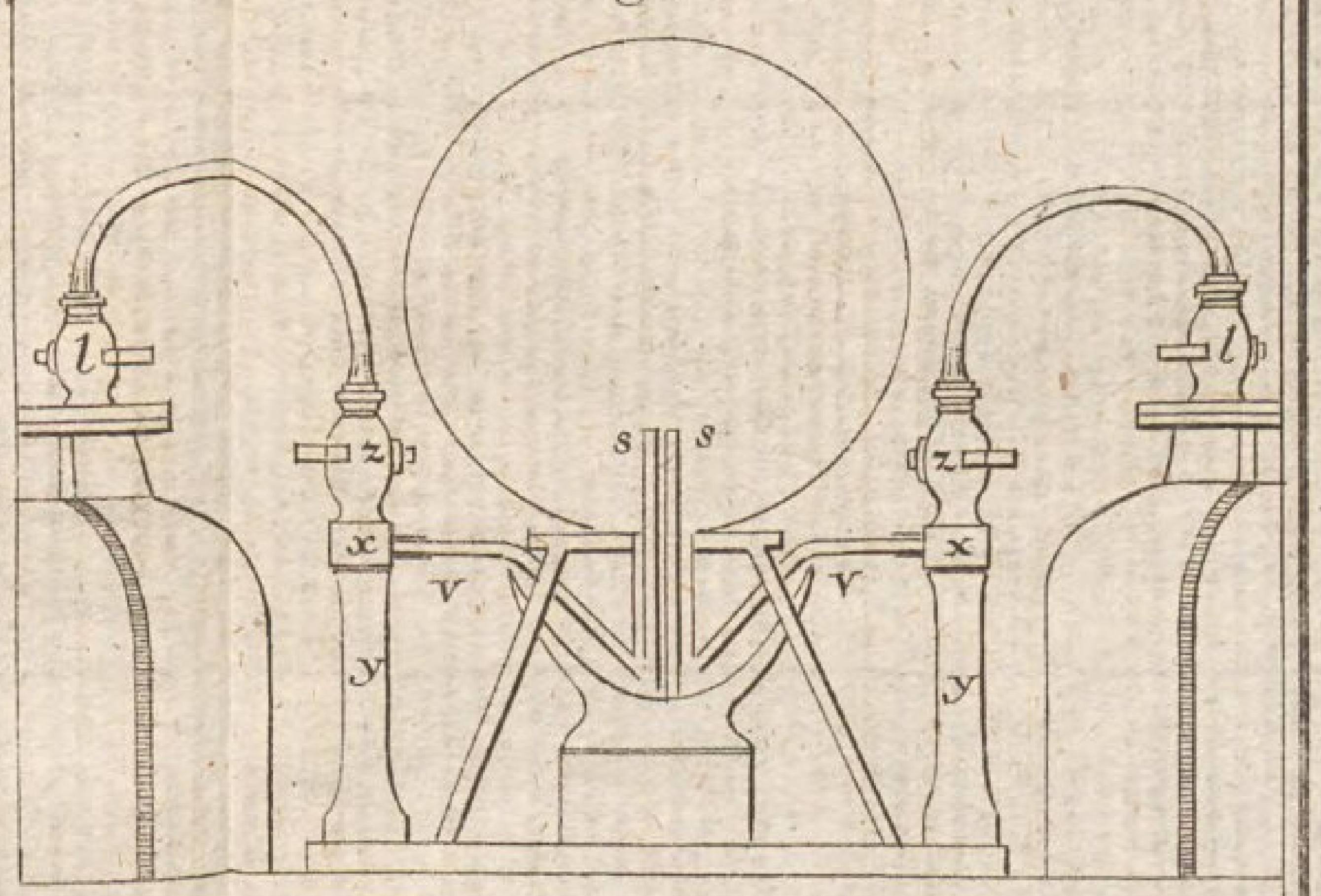


Fig. 3.

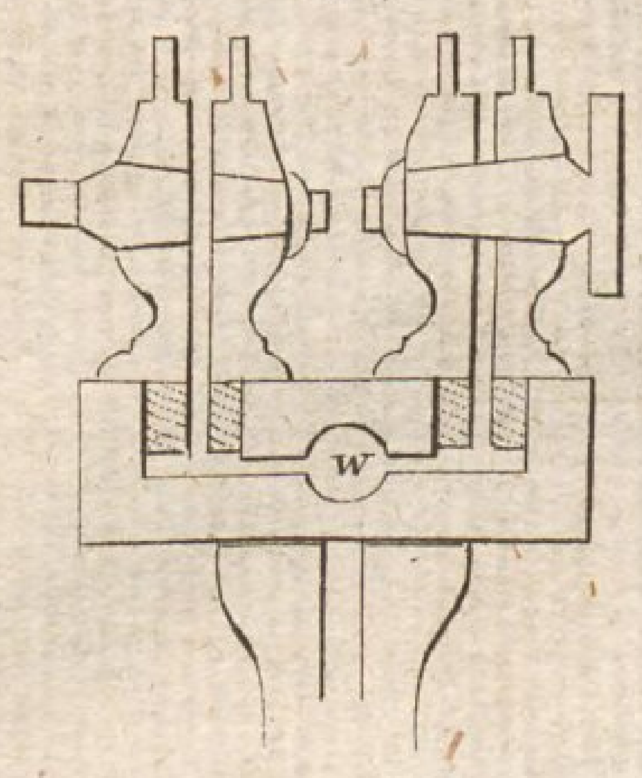


Fig. 1

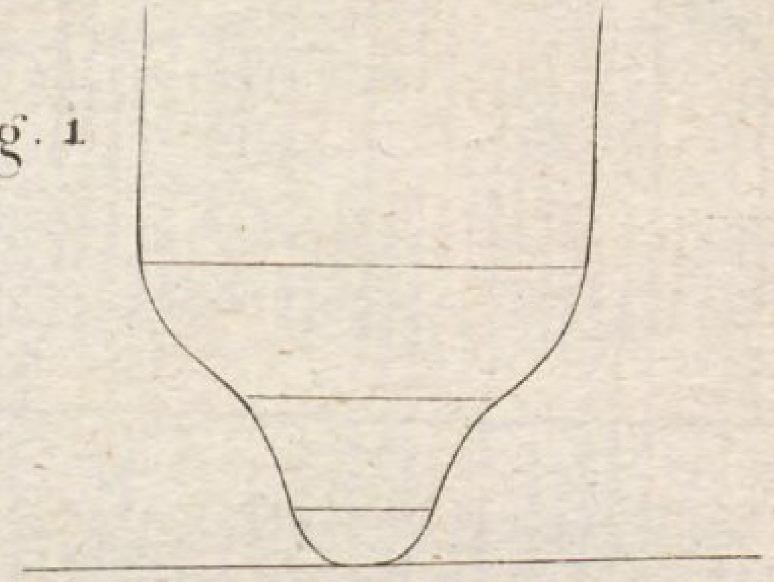


Fig. 2.

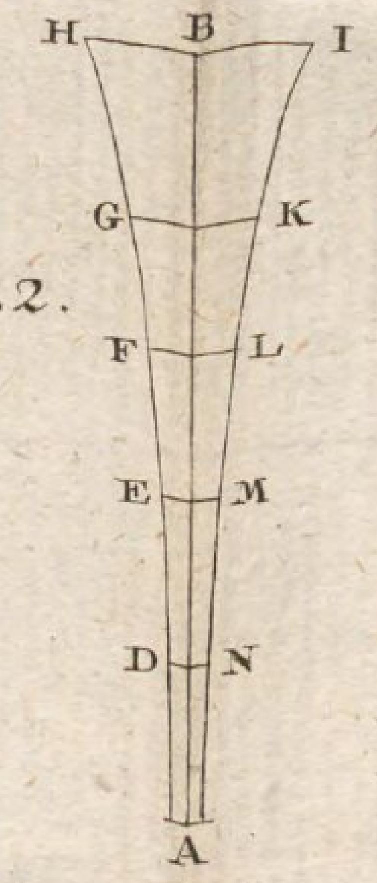


Fig. 4.

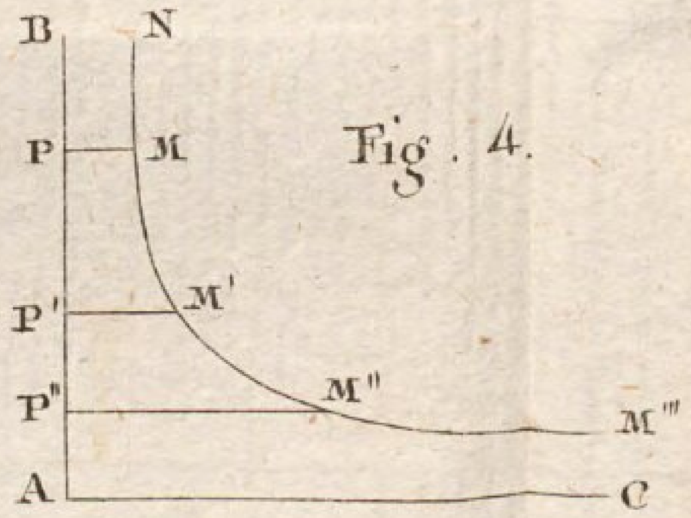


Fig. 3.

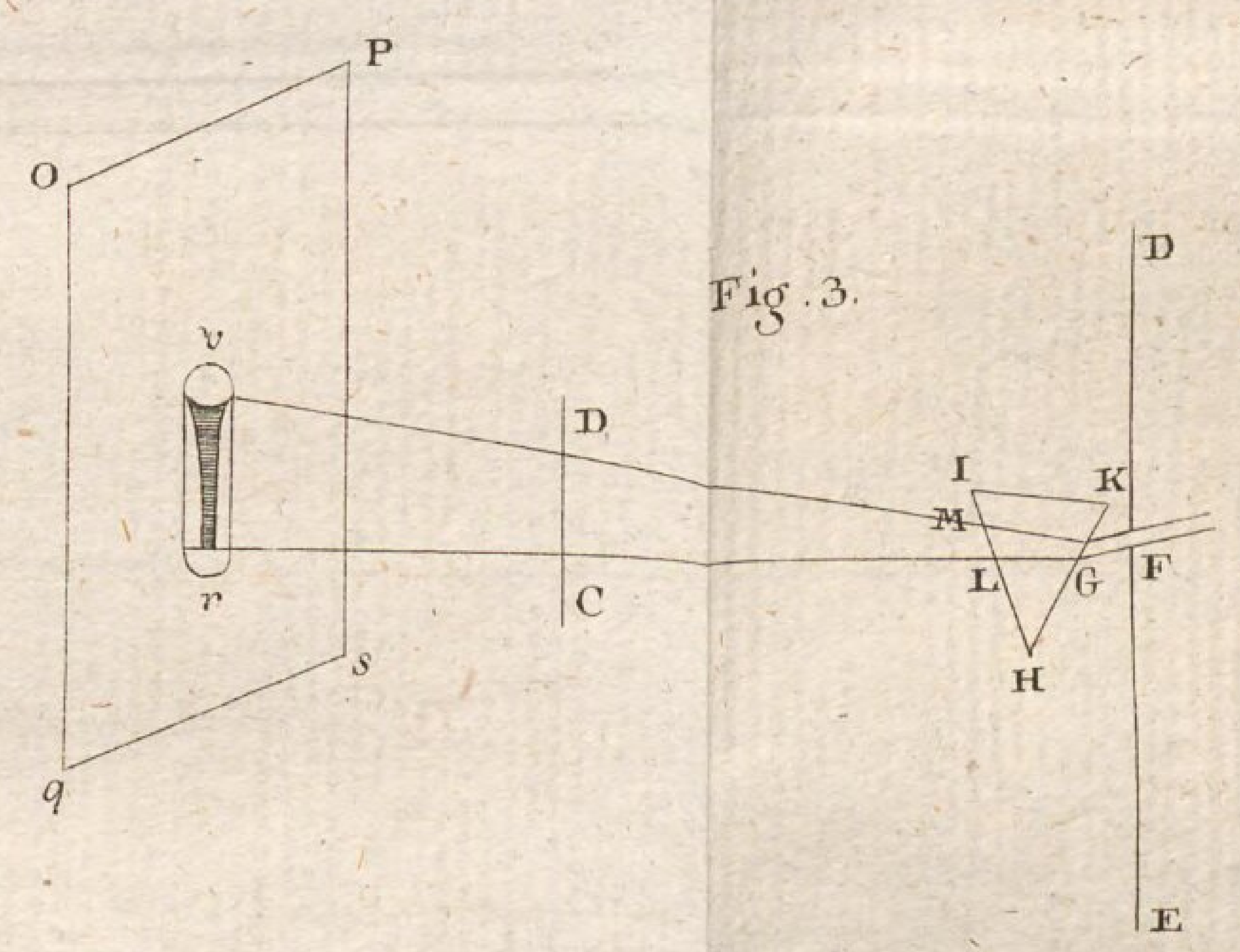


Fig. 5.

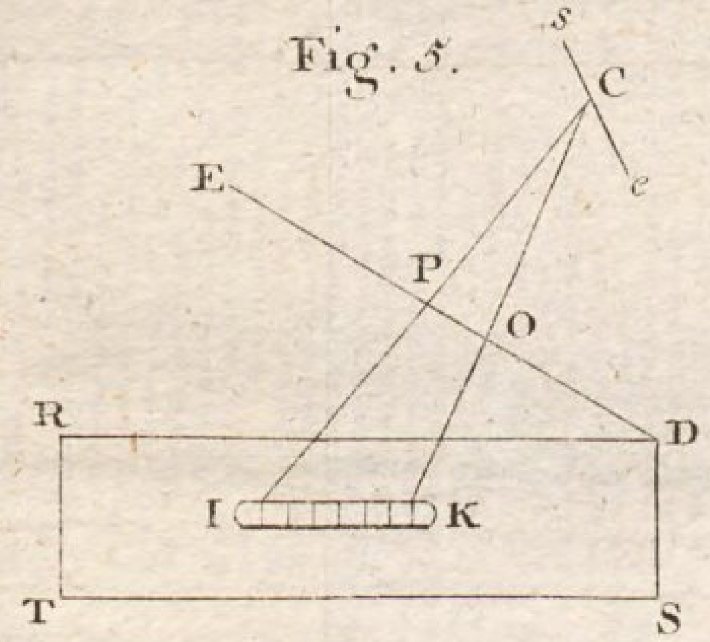


Fig. 7.

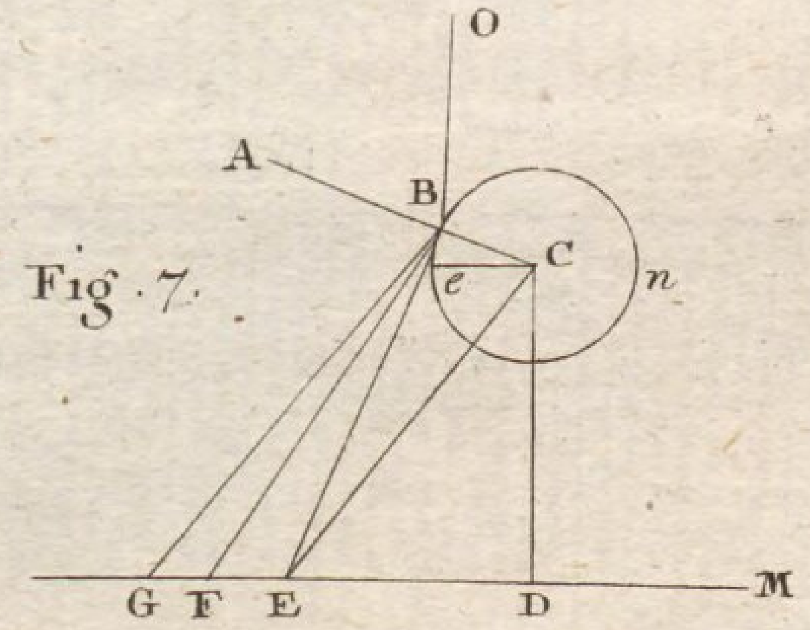


Fig. 9.

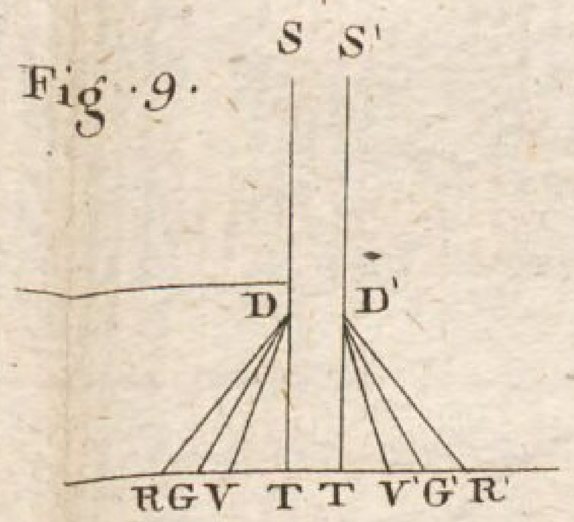


Fig. 6.

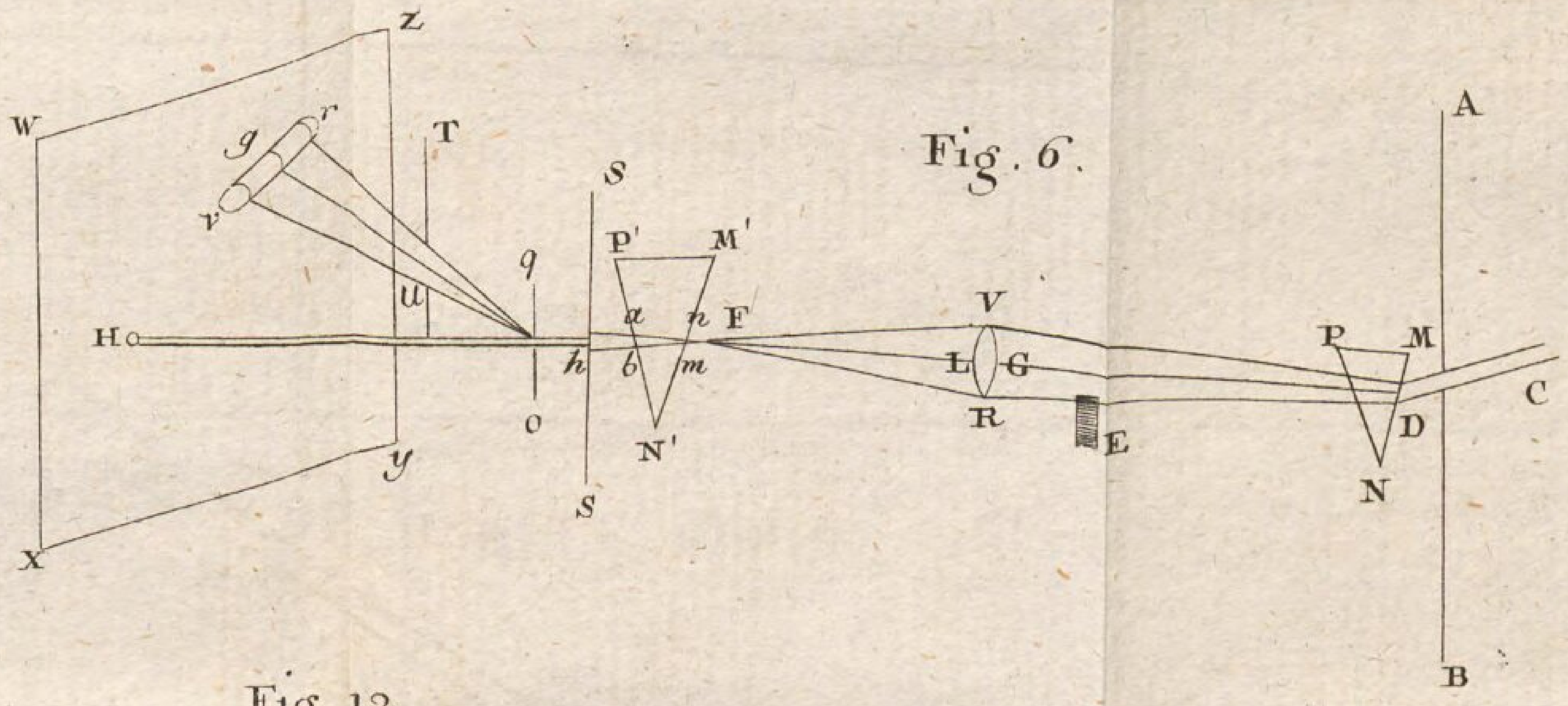


Fig. 8.

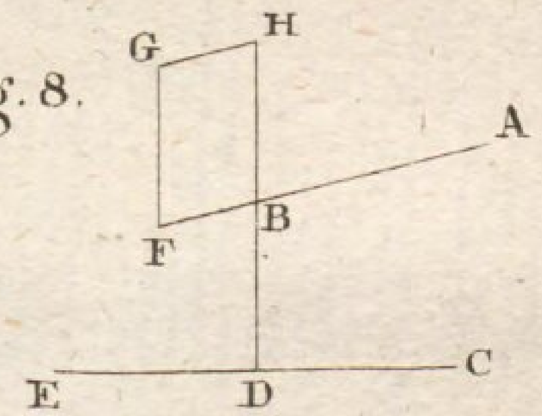


Fig. 10.

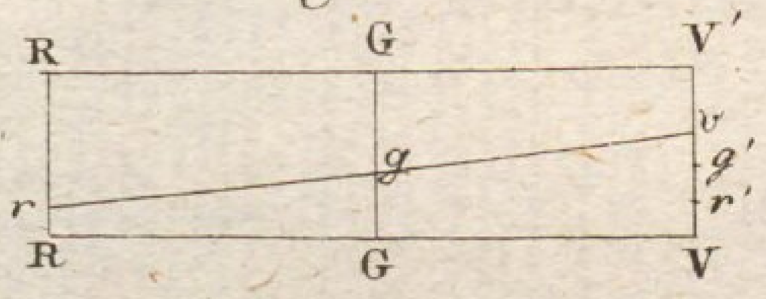


Fig. 11

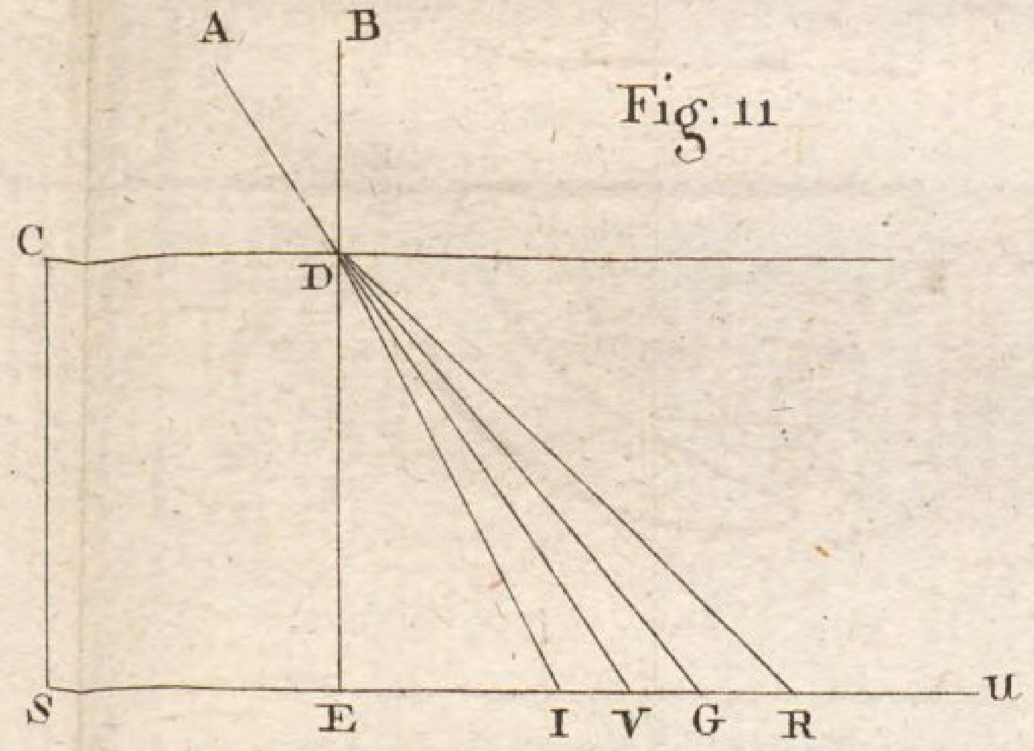


Fig 12

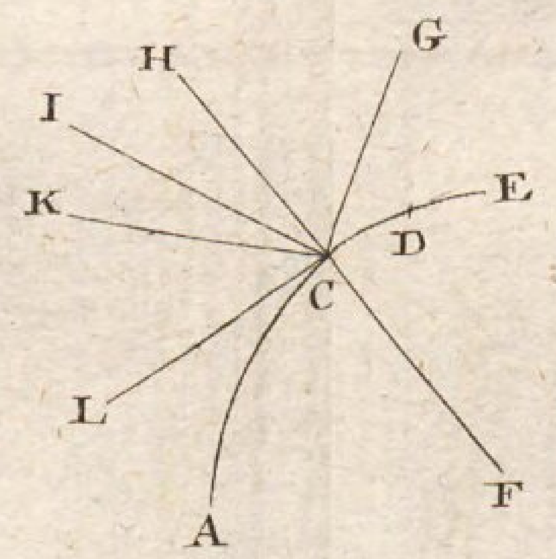
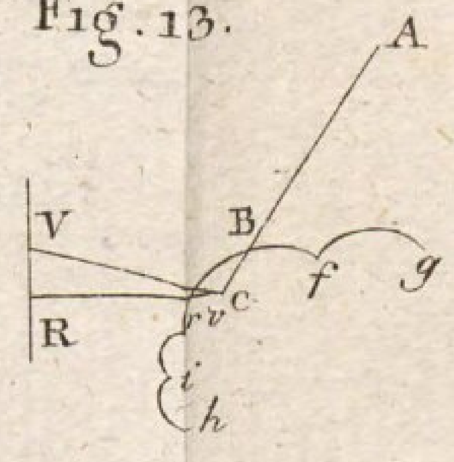
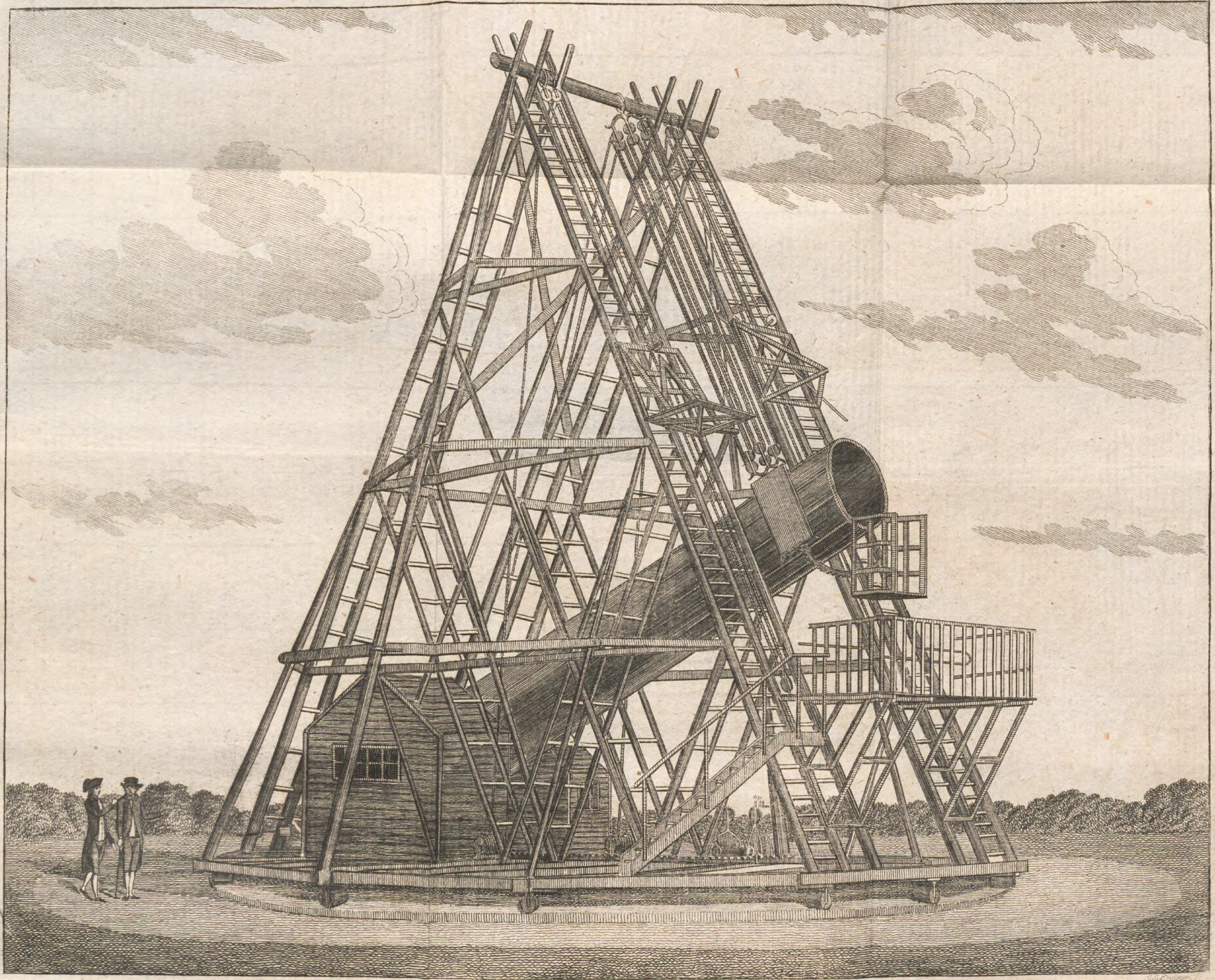


Fig. 13.



Bayerische Staatsbibliothek München

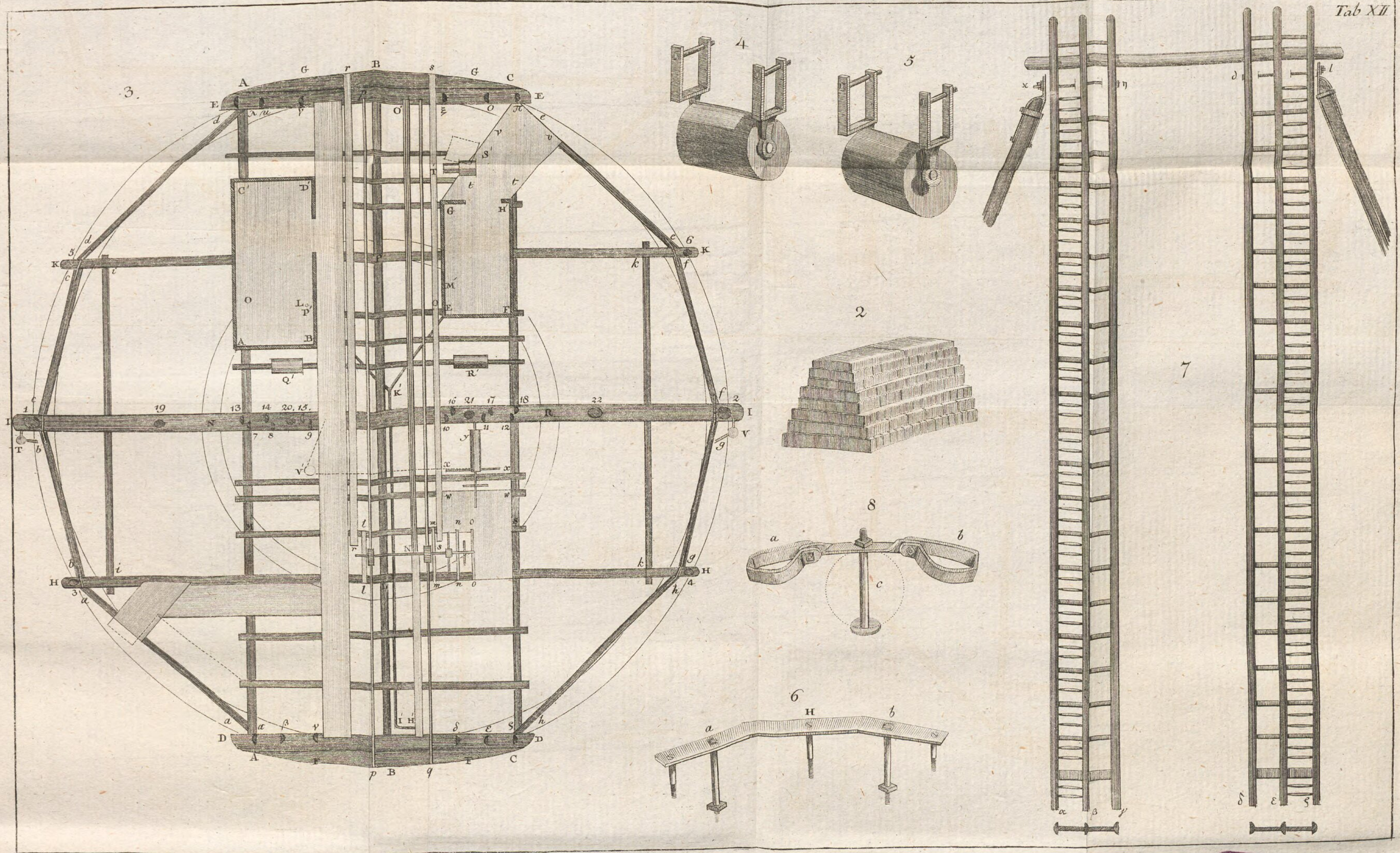
Tab: XI.



Anſicht von Dr. Herſchels 40. füſsigen Telescop.

Adams Phy. II. Thl.

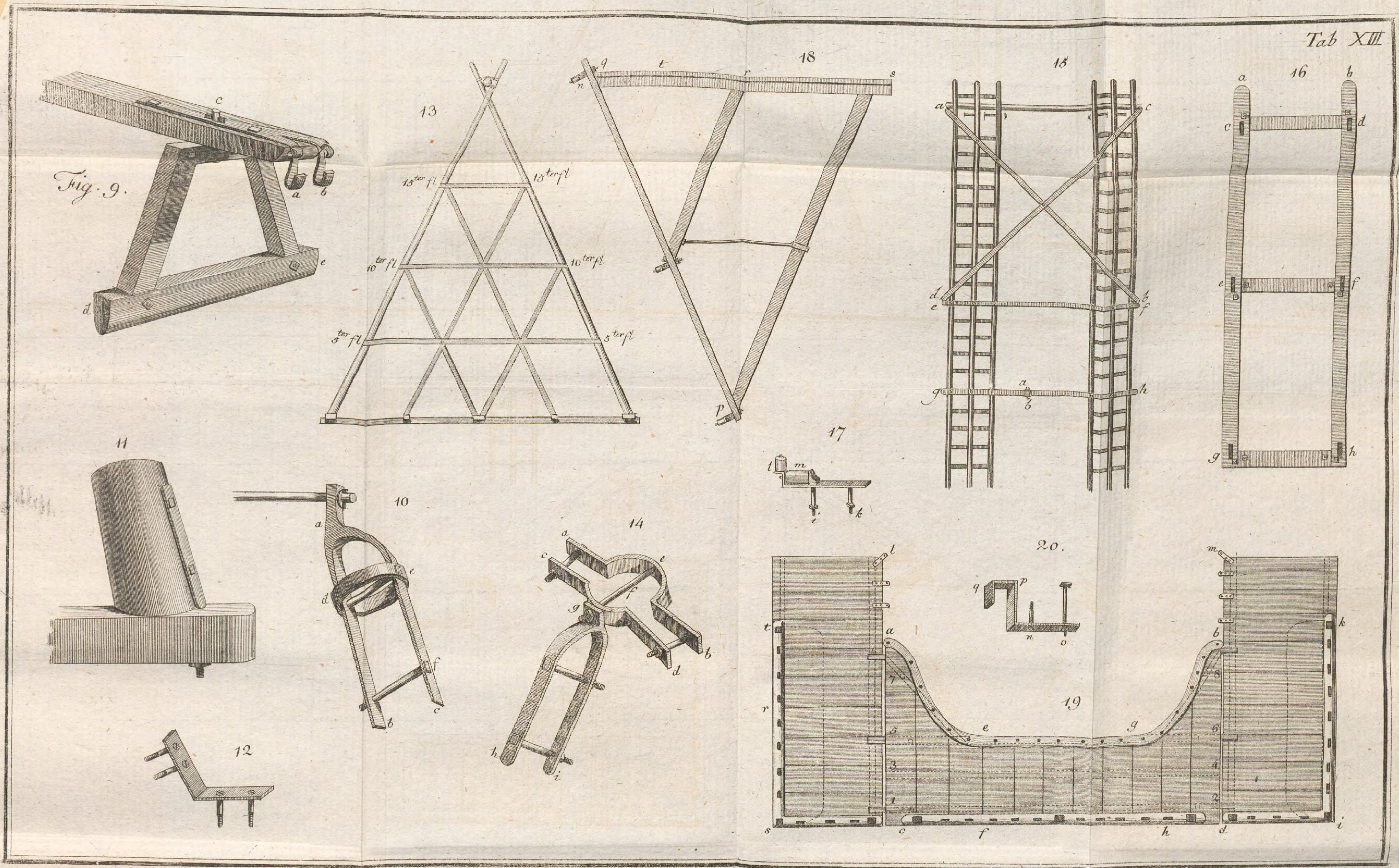
Tab XII



Adams Phys. II Th.

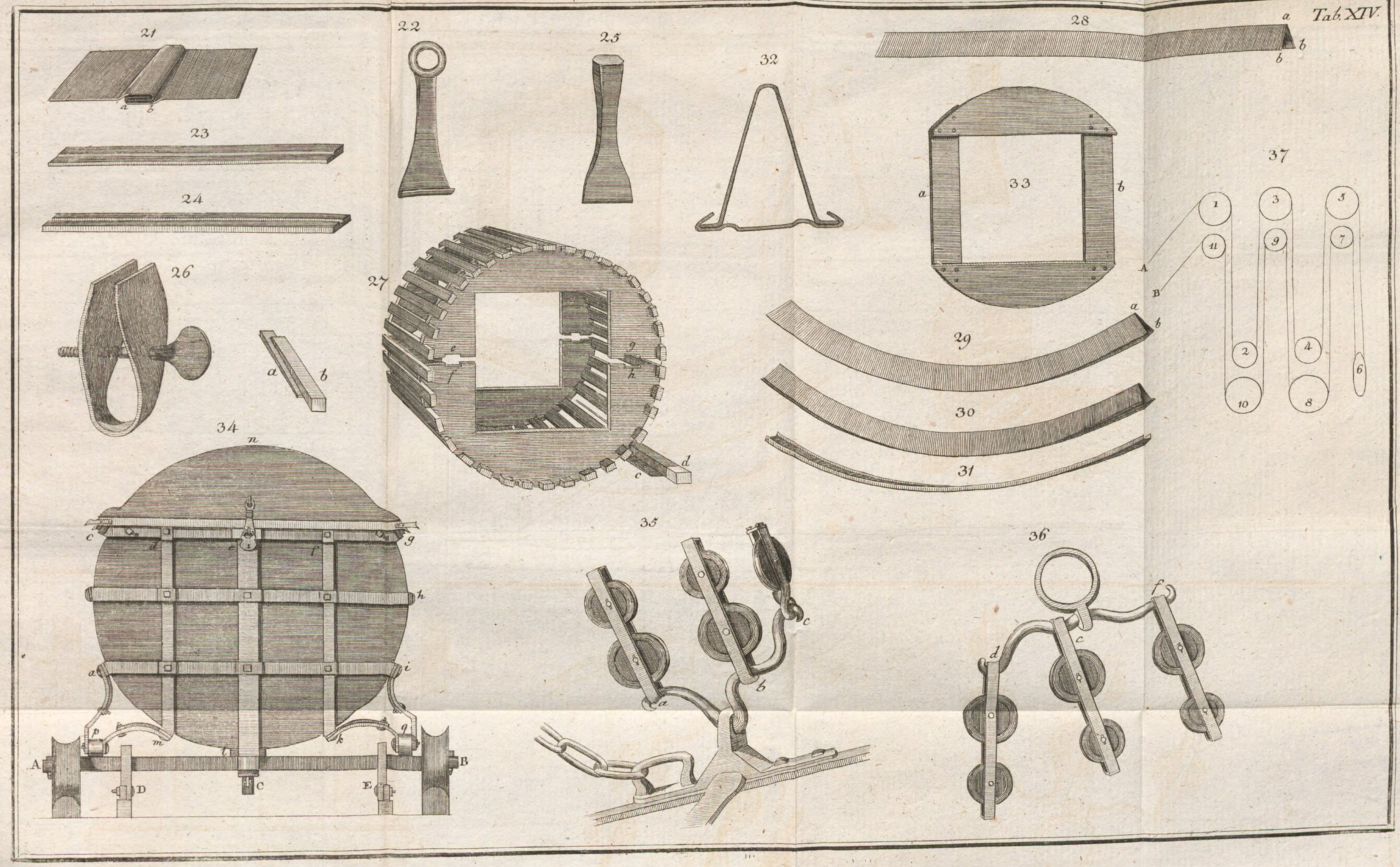
Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Tab XIII

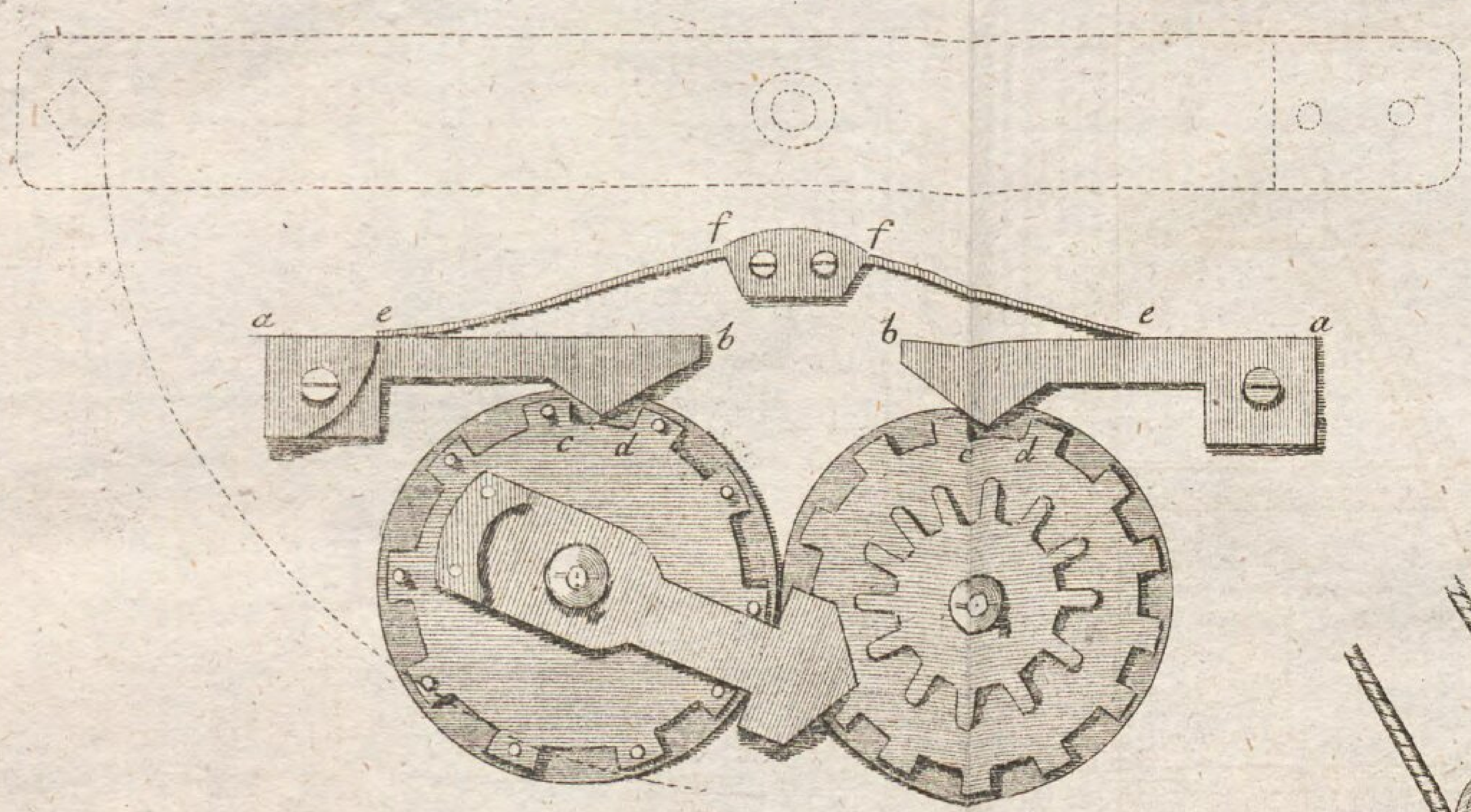


Adams Phys. II. Th.

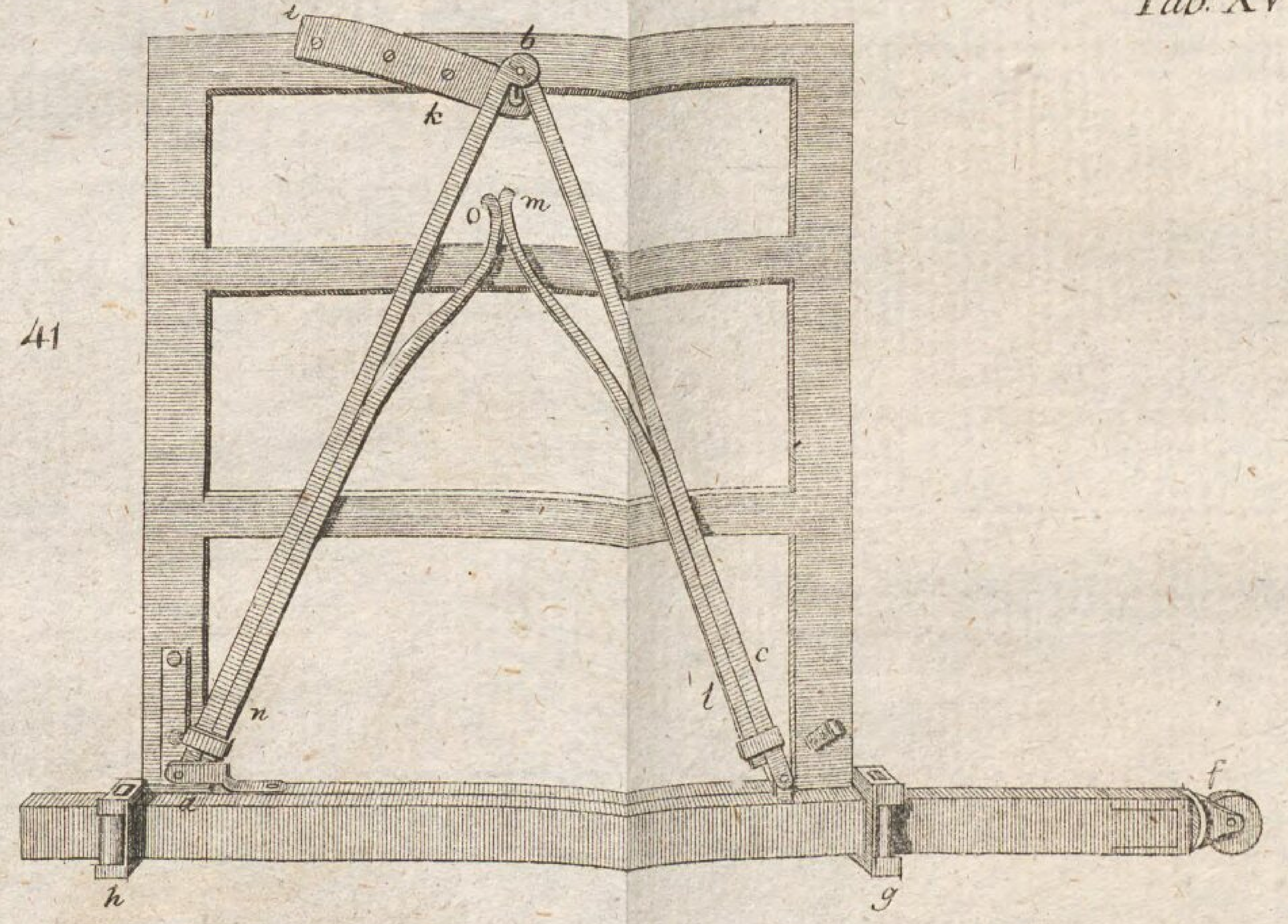
Bayerische Staatsbibliothek München


Tab. XIV.
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

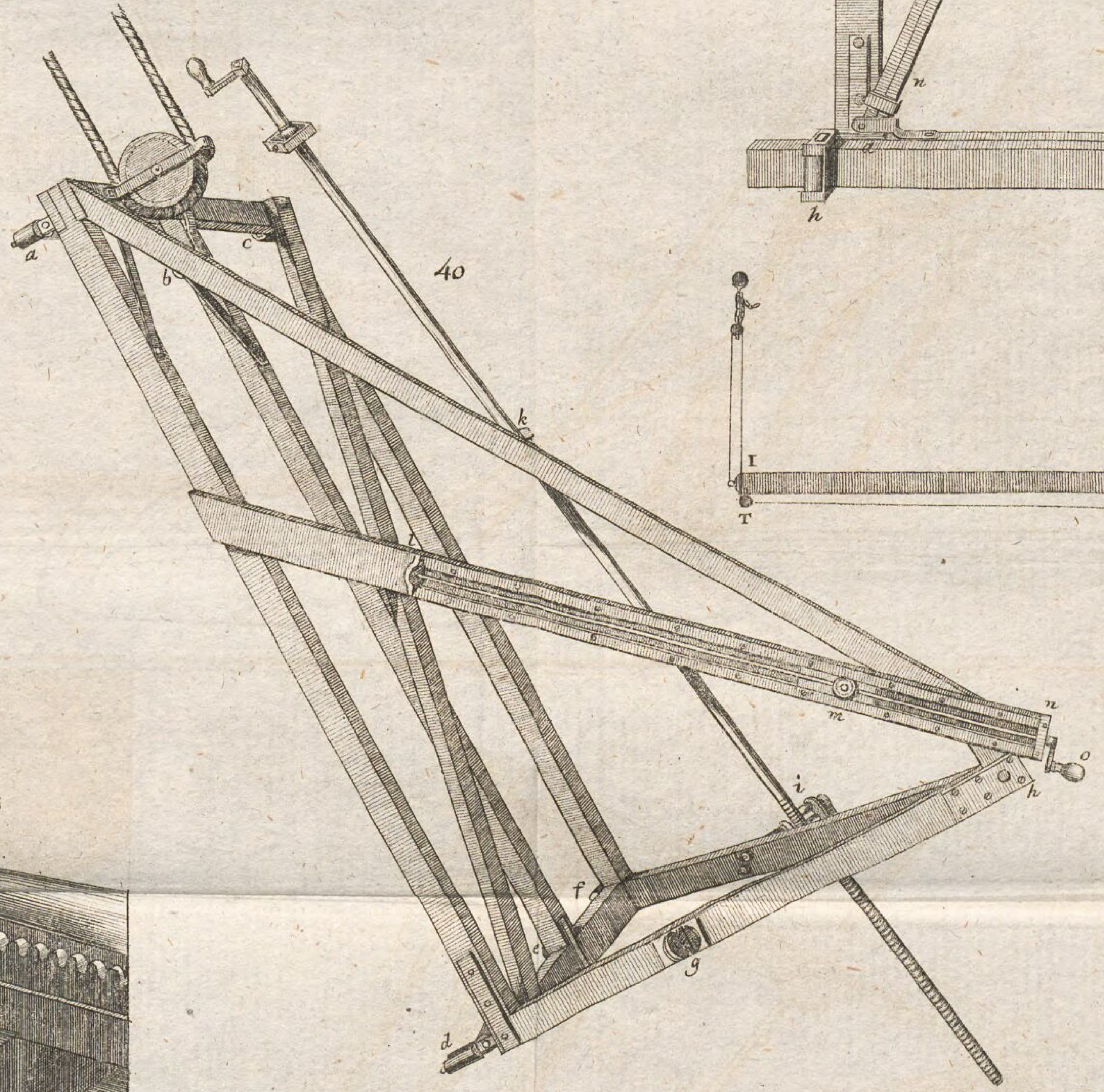
42



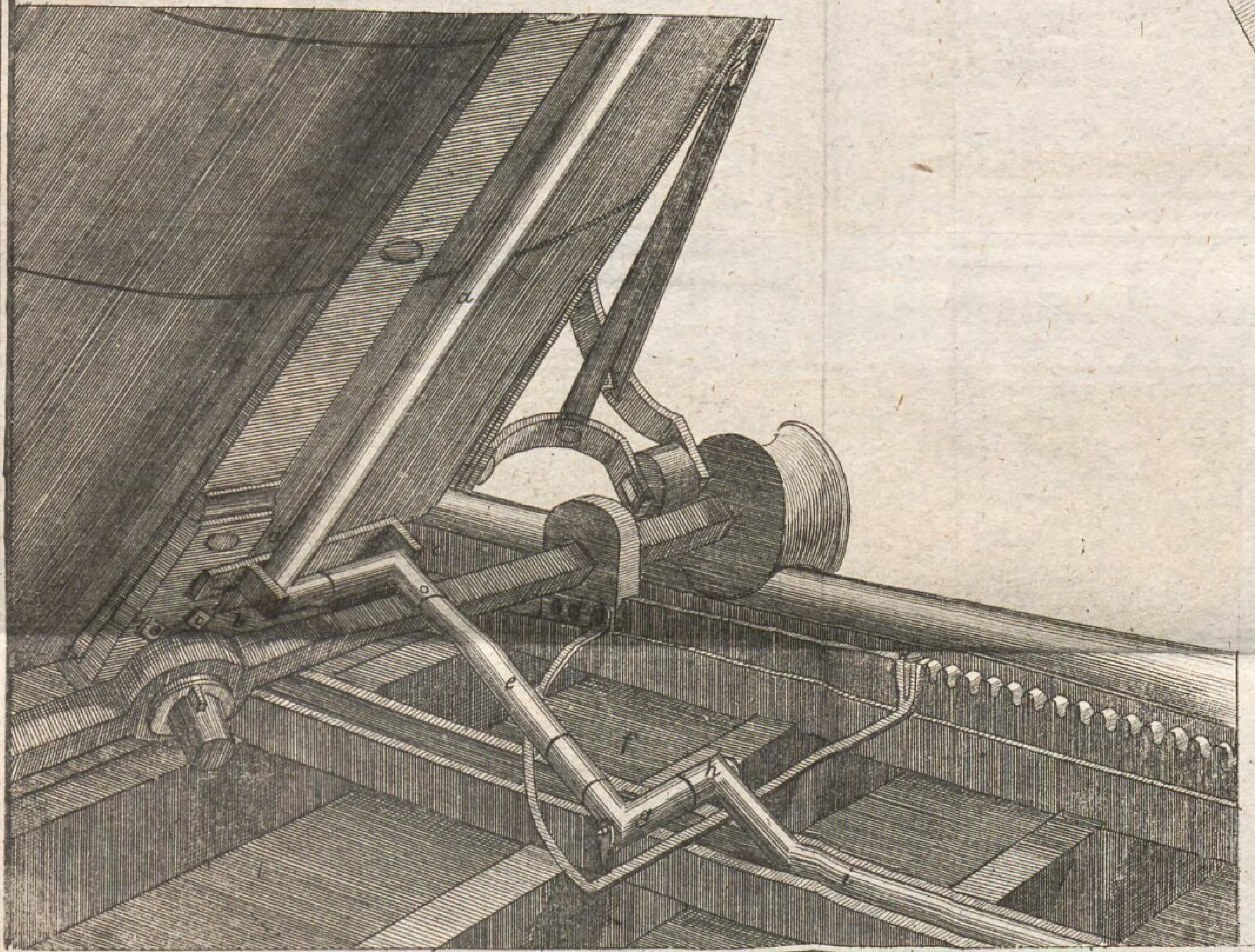
41



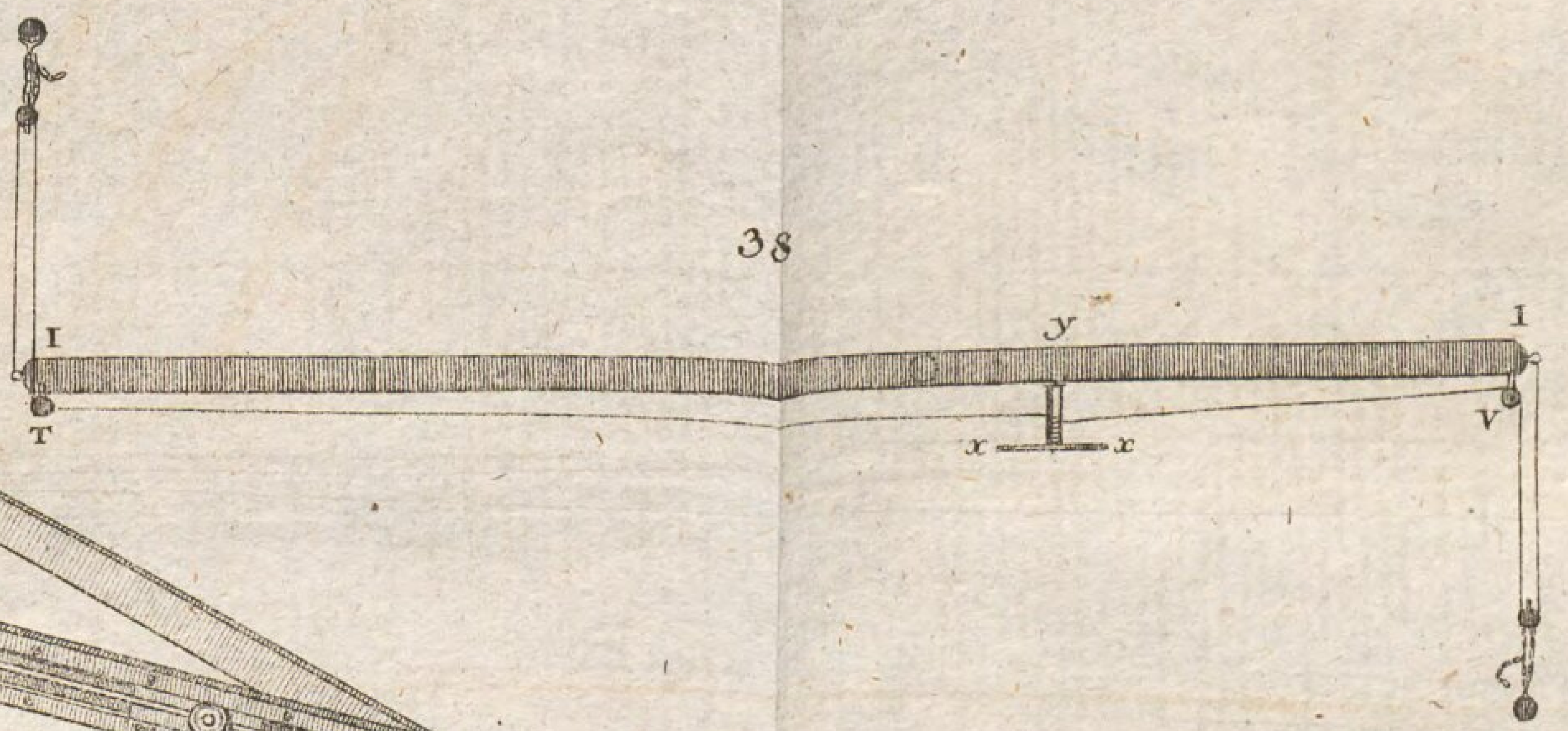
40



39

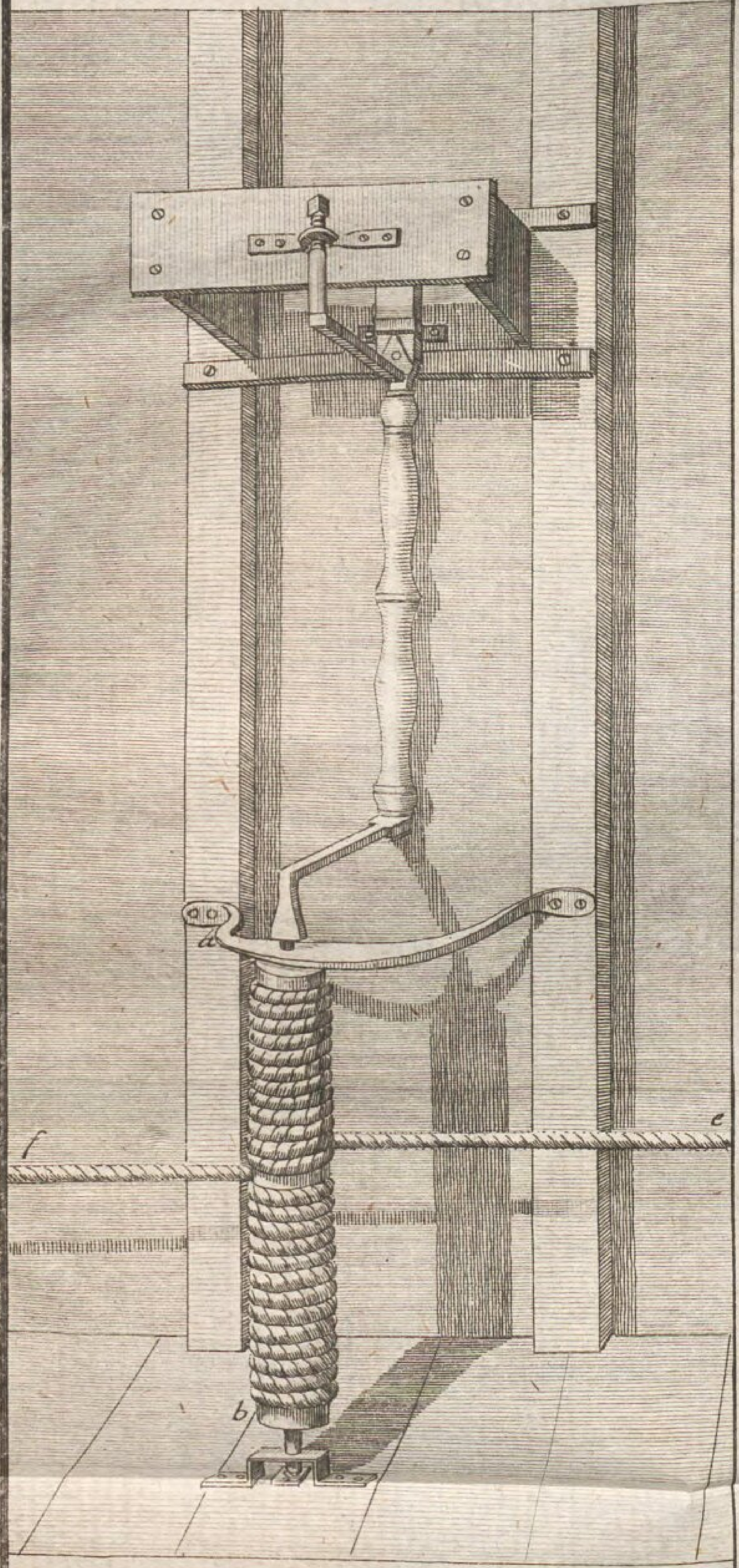


38

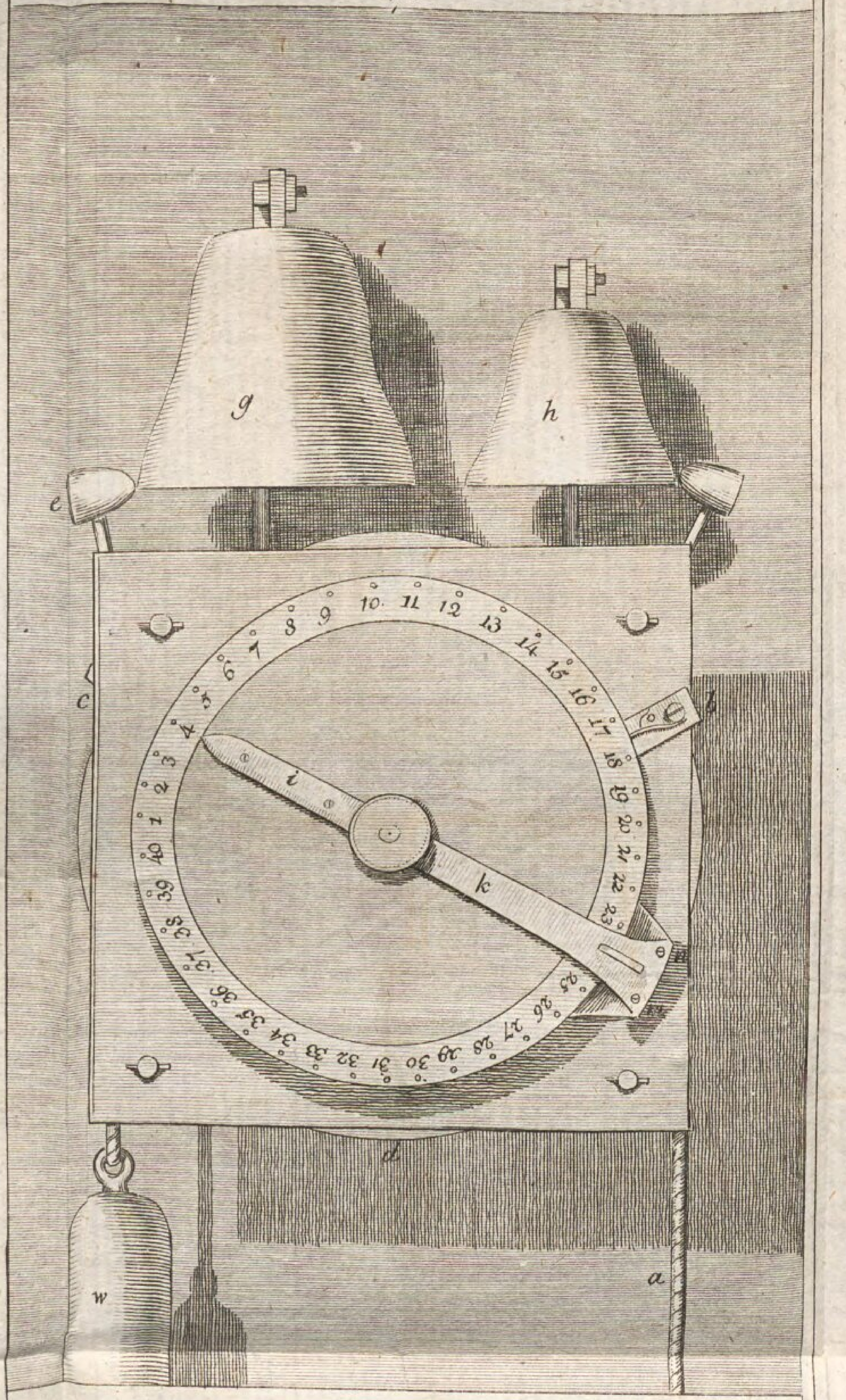


Tab: XVI.

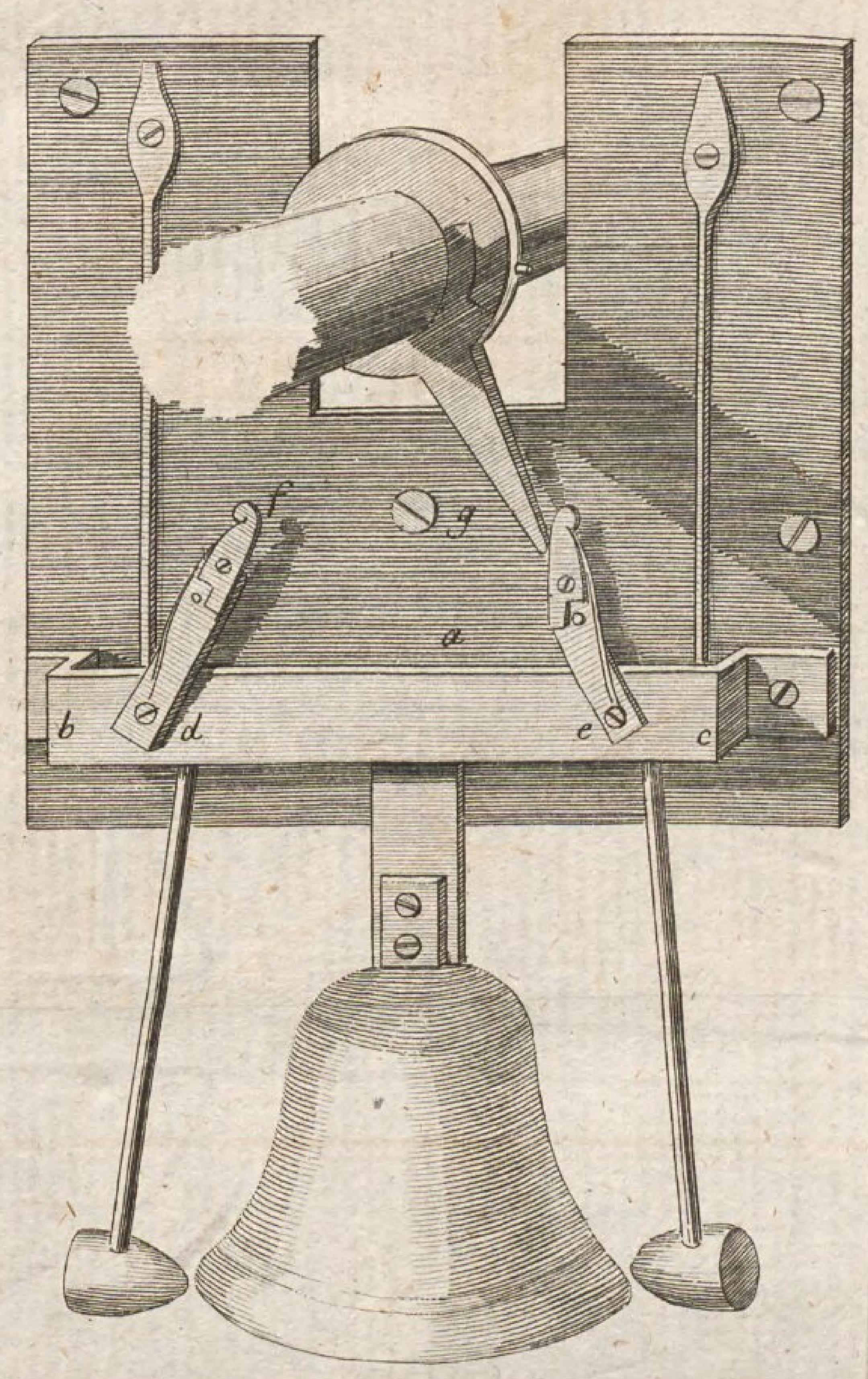
43



44

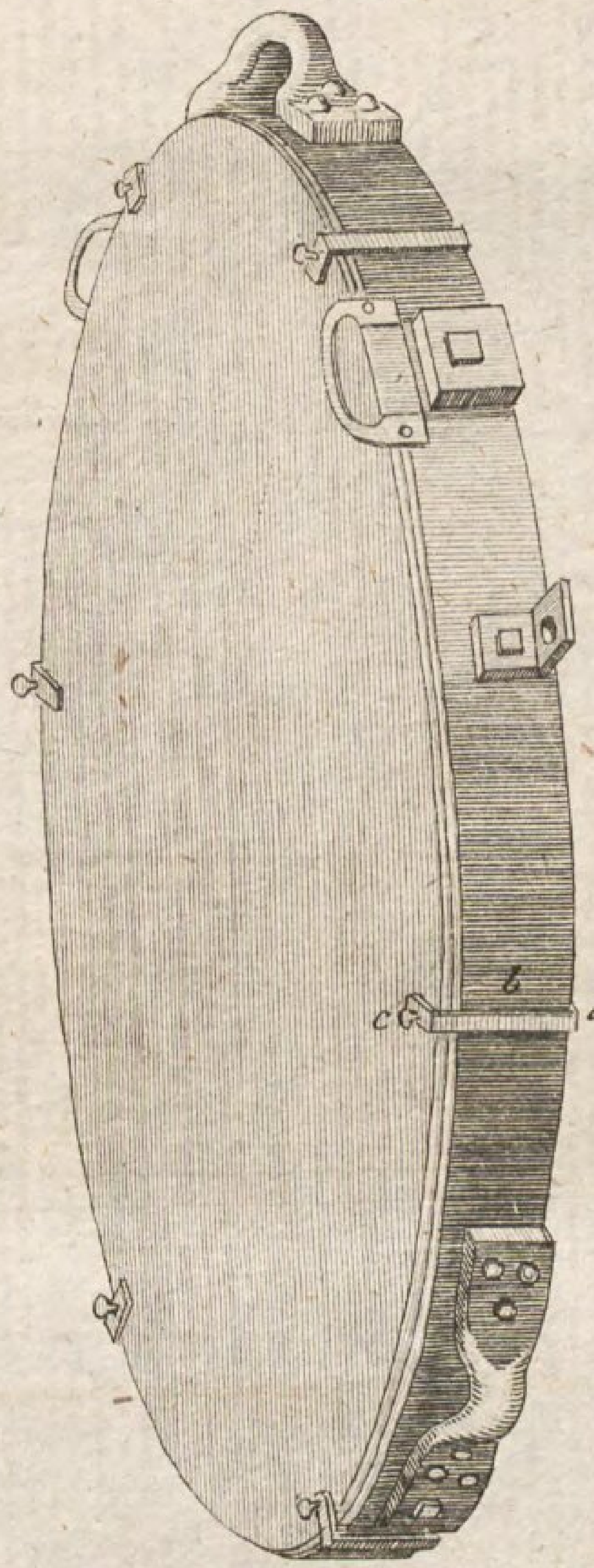


45



46

47



16. 8°

Adams, George, 1750-1795

George Adams mathematischen Instrumentenmachers Sr. Maj. und Optikus Sr. Kö
nigl. Hoheit des Prinzen von Wales Vorlesungen über die Experimental-
Physik nach ihrem gegenwärtigen Zustande in unterhaltenden und faßlichen
Erklärungen der vornehmsten Erscheinungen in der Natur
Bd.: 2

Leipzig (1799)

Phys.g. 5-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130300-4
VD18 80351611-001